

ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κατάλογος Πινάκων xvi

Κατάλογος Ενοτήτων Εγκυκλοπαιδικής Μόρφωσης xvii

Πρόλογος xix

ΜΕΡΟΣ Ι **ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ** 2

- 1 Σήματα και Ενισχυτές 4
- 2 Τελεστικοί Ενισχυτές 58
- 3 Ημιαγωγοί 134
- 4 Δίοδοι 174
- 5 Τρανζίστορ Επίδρασης Πεδίου MOS (MOSFET) 246
- 6 Τρανζίστορ Διπολικής Ένωσης (BJT) 304
- 7 Κυκλώματα Ενισχυτών με Τρανζίστορ 366

ΜΕΡΟΣ ΙΙ **ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ** 506

- 8 Δομικά Συστατικά Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων Ενισχυτών 508
- 9 Διαφορικοί Ενισχυτές και Ενισχυτές Πολλών Σταδίων 594
- 10 Απόκριση Συχνότητας 696
- 11 Ανάδραση 806
- 12 Στάδια Εξόδου και Ενισχυτές Ισχύος 920
- 13 Κυκλώματα με Τελεστικούς Ενισχυτές 994

ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ **ΨΗΦΙΑΚΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ** 1086

- 14 Ψηφιακά Λογικά Κυκλώματα CMOS 1088
- 15 Σχεδίαση Ψηφιακών Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων: Προχωρημένα Θέματα 1166
- 16 Κυκλώματα Μνήμης 1236

ΜΕΡΟΣ ΙV **ΦΙΛΤΡΑ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ** 1288

- 17 Φίλτρα και Συντονισμένοι Ενισχυτές 1290
- 18 Γεννήτριες Σημάτων και Κυκλώματα Σχηματισμού Κυματομορφών 1378

Παραρτήματα Α/Λ-1

Ευρετήριο Ε-1

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Κατάλογος Πινάκων xvi

Κατάλογος Ενοτήτων Εγκυκλοπαιδικής Μόρφωσης xvii

Πρόλογος xix

ΜΕΡΟΣ Ι ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ 2

1 Σήματα και Ενισχυτές 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ 5

1.1 Σήματα 6

1.2 Το Φάσμα Συχνοτήτων των Σημάτων 9

1.3 Αναλογικά και Ψηφιακά Σήματα 12

1.4 Ενισχυτές 15

1.4.1 Ενίσχυση Σήματος 15

1.4.2 Το Κυκλωματικό Σύμβολο του Ενισχυτή 16

1.4.3 Κέρδος Τάσης 17

1.4.4 Κέρδος Ισχύος και Κέρδος Ρεύματος 17

1.4.5 Έκφραση του Κέρδους σε Decibel 18

1.4.6 Η Τροφοδοσία του Ενισχυτή 18

1.4.7 Ο Κορεσμός του Ενισχυτή 21

1.4.8 Σύμβολα και Συμβολισμοί: Συμβάσεις 22

1.5 Μοντέλα Κυκλωμάτων για Ενισχυτές 23

1.5.1 Ενισχυτές Τάσης 23

1.5.2 Ενισχυτές Πολλών Σταδίων 25

1.5.3 Άλλοι Τύποι Ενισχυτών 28

1.5.4 Σχέσεις Μεταξύ των Τεσσάρων Μοντέλων Ενισχυτών 28

1.5.5 Εύρεση των R_i και R_o 29

1.5.6 Μονόπλευρα Μοντέλα 29

1.6 Απόκριση Συχνότητας των Ενισχυτών 33

1.6.1 Μέτρηση της Απόκρισης Συχνότητας Ενός Ενισχυτή 33

1.6.2 Το Εύρος Ζώνης των Ενισχυτών 34

1.6.3 Υπολογισμός της Απόκρισης Συχνότητας των Ενισχυτών 34

1.6.4 Δίκτυα Μίας Σταθεράς Χρόνου 35

1.6.5 Κατηγοριοποίηση των Ενισχυτών με Βάση την Απόκριση Συχνότητας 41

Σύνοψη 44

Προβλήματα 45

2 Τελεστικοί Ενισχυτές 58

Εισαγωγή 59

2.1 Ο Ιδανικός Τελεστικός Ενισχυτής 60

2.1.1 Οι Ακροδέκτες του Τελεστικού Ενισχυτή 60

2.1.2 Λειτουργία και Χαρακτηριστικά του Ιδανικού Τελεστικού Ενισχυτή 61

2.1.3 Διαφορικό και Κοινό Σήμα 63

2.2	Η Αναστρέφουσα Συνδεσμολογία	64
2.2.1	Το Κέρδος Κλειστού Βρόχου	65
2.2.2	Η Επίδραση του Πεπερασμένου Κέρδους Ανοικτού Βρόχου	67
2.2.3	Αντιστάσεις Εισόδου και Εξόδου	68
2.2.4	Μία Σημαντική Εφαρμογή – Ο Αθροιστής με Βάρη	71
2.3	Η Μη-Αναστρέφουσα Συνδεσμολογία	73
2.3.1	Το Κέρδος Κλειστού Βρόχου	73
2.3.2	Η Επίδραση του Πεπερασμένου Κέρδους Ανοικτού Βρόχου	75
2.3.3	Χαρακτηριστικά της μη-Αναστρέφουσας Συνδεσμολογίας	75
2.3.4	Ο Ακόλουθος Τάσης	75
2.4	Διαφορικοί Ενισχυτές	77
2.4.1	Υλοποίηση Ενισχυτή Διαφορών με Χρήση Ενός Τελεστικού Ενισχυτή	78
2.4.2	Ένα Ανώτερο Κύκλωμα – Ο Ενισχυτής Οργάνων Μέτρησης	82
2.5	Ολοκληρωτές και Διαφοριστές	87
2.5.1	Η Αναστρέφουσα Συνδεσμολογία με Γενικευμένες Σύνθετες Αντιστάσεις	87
2.5.2	Ο Αναστρέφων Ολοκληρωτής	89
2.5.3	Χρήση Τελεστικού Ενισχυτή για την Υλοποίηση Ενός Διαφοριστή	94
2.6	Προβλήματα Λειτουργίας DC	96
2.6.1	Τάση Εκτροπής	96
2.6.2	Ρεύματα Πόλωσης Εισόδου και Εκτροπής	100
2.6.3	Η Επίδραση των <i>V_{os}</i> και <i>I_{os}</i> στη Λειτουργία του Αναστρέφοντος Ολοκληρωτή	103
2.7	Η Επίδραση του Πεπερασμένου Κέρδους Ανοικτού Βρόχου και Εύρους Ζώνης στην Απόδοση Κυκλωμάτων	105
2.7.1	Εξάρτηση του Κέρδους Ανοικτού Βρόχου από τη Συχνότητα	105
2.7.2	Η Απόκριση Συχνότητας Ενισχυτών Κλειστού Βρόχου	107
2.8	Λειτουργία Ισχυρού Σήματος των Τελεστικών Ενισχυτών	110
2.8.1	Κορεσμός Εξόδου	110
2.8.2	Όρια Ρεύματος Εξόδου	110
2.8.3	Ρυθμός Μεταβολής Εξόδου	112
2.8.4	Εύρος Ζώνης Πλήρους Ισχύος	114
	Σύνοψη	115
	Προβλήματα	116

3 Ημιαγωγοί 134

	Εισαγωγή	135
3.1	Ενδογενείς Ημιαγωγοί	136
3.2	Νοθευμένοι Ημιαγωγοί	139
3.3	Ροή Ρεύματος σε Ημιαγωγούς	142
3.3.1	Ρεύμα Ολίσθησης	142
3.3.2	Ρεύμα διάχυσης	145
3.3.3	Η σχέση μεταξύ των μεγεθών <i>D</i> και <i>μ</i>	148
3.4	Η Ένωση <i>pn</i>	148
3.4.1	Φυσική δομή	149
3.4.2	Λειτουργία σε κατάσταση ανοικτού κυκλώματος	149
3.5	Η Ένωση <i>pn</i> με Εφαρμοζόμενη Τάση	155
3.5.1	Ποιοτική Περιγραφή της Λειτουργίας της Ένωσης	155
3.5.2	Η Σχέση Ρεύματος-Τάσης της Ένωσης	158

- 3.5.3 Διάσπαση κατά την Ανάστροφη Πόλωση **162**
- 3.6 Χωρητικά Φαινόμενα και Επιδράσεις στην Ένωση *pn* **164**
 - 3.6.1 Χωρητικότητα της Περιοχής Απογύμνωσης, ή Χωρητικότητα της Ένωσης **164**
 - 3.6.2 Χωρητικότητα Διάχυσης **166**
- Σύνοψη **168**
- Προβλήματα **171**

- 4 Δίοδοι 174**
 - Εισαγωγή **175**
 - 4.1 Η Ιδανική Δίοδος **176**
 - 4.1.1 Χαρακτηριστική Ρεύματος-Τάσης **176**
 - 4.1.2 Μία Απλή Εφαρμογή: Ο Ανορθωτής **177**
 - 4.1.3 Μία Άλλη Εφαρμογή: Υλοποίηση Λογικών Πυλών με Διόδους **180**
 - 4.2 Χαρακτηριστικές των Ακροδεκτών των Διόδων Ένωσης Πυρτίτιου **184**
 - 4.2.1 Η Περιοχή Ορθής Πόλωσης **184**
 - 4.2.2 Η Περιοχή Ανάστροφης Πόλωσης **189**
 - 4.2.3 Η Περιοχή Διάσπασης **190**
 - 4.3 Μοντελοποίηση και Χαρακτηριστική της Διόδου σε Λειτουργία Ορθής Πόλωσης **190**
 - 4.3.1 Το Εκθετικό Μοντέλο **190**
 - 4.3.2 Γραφική Ανάλυση με Χρήση του Εκθετικού Μοντέλου **191**
 - 4.3.3 Επαναληπτική Ανάλυση **191**
 - 4.3.4 Η Ανάγκη για Γρήγορη Ανάλυση **192**
 - 4.3.5 Το Μοντέλο Σταθερής Πτώσης Τάσης **193**
 - 4.3.6 Το Μοντέλο Ιδανικής Διόδου **194**
 - 4.3.7 Το Μοντέλο Ασθενούς Σήματος **195**
 - 4.3.8 Αξιοποίηση της Πτώσης Τάσης μιας Ορθά Πολωμένης Διόδου σε Εφαρμογές Σταθεροποίησης Τάσης **200**
 - 4.4 Λειτουργία στην Περιοχή Διάσπασης – Δίοδοι Zener **202**
 - 4.4.1 Ορισμός και Μοντελοποίηση της Διόδου Zener **203**
 - 4.4.2 Χρήση Διόδων Zener σε Παράλληλους Σταθεροποιητές Τάσης **204**
 - 4.4.3 Η Επίδραση της Θερμοκρασίας **206**
 - 4.4.4 Ένα Τελικό Σχόλιο **207**
 - 4.5 Κυκλώματα Ανορθωτών **207**
 - 4.5.1 Ανορθωτής Ημίσεως Κύματος **208**
 - 4.5.2 Ανορθωτής Πλήρους Κύματος **210**
 - 4.5.3 Ανορθωτής Γέφυρας **212**
 - 4.5.4 Ανορθωτής με Φίλτρο Πυκνωτή – Ανορθωτής Κορυφής **213**
 - 4.5.5 Ημιανορθωτής Ακριβείας: Υπερ-Δίοδος **219**
 - 4.6 Κυκλώματα Περιορισμού και Προσδέσεως **221**
 - 4.6.1 Κυκλώματα Περιορισμού ή Ψαλιδισμού **221**
 - 4.6.2 Το Κύκλωμα Προσδεμένου Πυκνωτή ή Αποκατάστασης DC Στάθμης **224**
 - 4.6.3 Διπλασιαστής Τάσης **226**
 - 4.7 Ειδικοί Τύποι Διόδων **227**
 - 4.7.1 Η Δίοδος Φράγματος Schottky (SBD) **227**
 - 4.7.2 Varactors **228**
 - 4.7.3 Φωτοδιόδοι **228**
 - 4.7.4 Δίοδοι Εκπομπής Φωτός (LED) **228**

Σύνοψη **229**
 Προβλήματα **230**

5 MOS Τρανζίστορ Επίδρασης Πεδίου (MOSFET) 246

Εισαγωγή **247**

5.1 Δομή και Φυσική Λειτουργία 248

- 5.1.1 Δομή του Στοιχείου **248**
- 5.1.2 Λειτουργία Χωρίς Τάση στην Πύλη **250**
- 5.1.3 Δημιουργία Καναλιού για την Αγωγή Ρεύματος **250**
- 5.1.4 Εφαρμογή Μικρής Τάσης v_{DS} **252**
- 5.1.5 Λειτουργία με Μεγαλύτερη Τάση v_{DS} **256**
- 5.1.6 Λειτουργία με $v_{DS} \geq V_{ov}$: Στραγγαλισμός Καναλιού και Κορεσμός Ρεύματος **258**
- 5.1.7 Το MOSFET p -Καναλιού **261**
- 5.1.8 Συμπληρωματικά Στοιχεία MOS (CMOS) **263**
- 5.1.9 Λειτουργία του MOS στην Περιοχή Υποκατωφλίου **264**

5.2 Χαρακτηριστικές Ρεύματος – Τάσης 264

- 5.2.1 Κυκλωματικό Σύμβολο **264**
- 5.2.2 Χαρακτηριστικές Ρεύματος-Τάσης i_D-v_{DS} **265**
- 5.2.3 Η Χαρακτηριστική Καμπύλη i_D-v_{GS} **267**
- 5.2.4 Η Πεπερασμένη Αντίσταση Εξόδου στον Κορεσμό **271**
- 5.2.5 Χαρακτηριστικές του MOSFET p -Καναλιού **274**

5.3 Κυκλώματα MOSFET σε DC Λειτουργία 276

5.4 Το Φαινόμενο Σώματος και Άλλα Θέματα 288

- 5.4.1 Ο Ρόλος του Υποστρώματος – Το Φαινόμενο Σώματος **288**
- 5.4.2 Θερμοκρασιακές Επιδράσεις **289**
- 5.4.3 Διάσπαση και Προστασία Εισόδου **289**
- 5.4.4 Κορεσμός Ταχύτητας **290**
- 5.4.5 Το MOSFET Τύπου Απογύμνωσης **290**

Σύνοψη **291**

Προβλήματα **292**

6 Διπολικά Τρανζίστορ Ένωσης (BJT) 304

Εισαγωγή **305**

6.1 Δομή και Φυσική Λειτουργία του Στοιχείου 306

- 6.1.1 Απλοποιημένη Δομή και Περιοχές Λειτουργίας **306**
- 6.1.2 Λειτουργία του npn Τρανζίστορ στην Ενεργό Περιοχή **307**
- 6.1.3 Η Δομή των Πραγματικών Τρανζίστορ **315**
- 6.1.4 Λειτουργία σε Κατάσταση Κορεσμού **316**
- 6.1.5 Το pnp Τρανζίστορ **318**

6.2 Χαρακτηριστικές Ρεύματος-Τάσης 320

- 6.2.1 Κυκλωματικά Σύμβολα και Συμβάσεις **320**
- 6.2.2 Γραφική Αναπαράσταση των Χαρακτηριστικών του Τρανζίστορ **325**
- 6.2.3 Η Εξάρτηση του Ρεύματος i_C Από την Τάση Συλλέκτη – Το Φαινόμενο Early **326**
- 6.2.4 Μία Εναλλακτική Μορφή των Χαρακτηριστικών Κοινού Εκπομπού **329**

6.3 DC Λειτουργία Κυκλωμάτων Με BJT Τρανζίστορ 333

6.4 Το Φαινόμενο Διάσπασης και Επιδράσεις της Θερμοκρασίας 351

- 6.4.1 Το Φαινόμενο Διάσπασης **351**

6.4.2 Εξάρτηση του β από το I_C και τη Θερμοκρασία **353**

Σύνοψη **354**

Προβλήματα **355**

7 Κυκλώματα Ενισχυτών με Τρανζίστορ 366

Εισαγωγή **367**

7.1 Βασικές Αρχές **368**

7.1.1 Η Βάση της Λειτουργίας Ενός Ενισχυτή **368**

7.1.2 Υλοποίηση Ενός Ενισχυτή Τάσης **369**

7.1.3 Η Χαρακτηριστική Μεταφοράς Τάσης **370**

7.1.4 Επίτευξη Γραμμικής Ενίσχυσης με Πόλωση του Τρανζίστορ **371**

7.1.5 Κέρδος Τάσης σε Λειτουργία Ασθενούς Σήματος **374**

7.1.6 Παραγωγή της Χαρακτηριστικής VTC Με Γραφική Ανάλυση **380**

7.1.7 Επιλογή Θέσης για το Σημείο Πόλωσης Q **381**

7.2 Λειτουργία και Μοντέλα Ασθενούς Σήματος **383**

7.2.1 Η Περίπτωση των MOSFET **383**

7.2.2 Η Περίπτωση των BJT **399**

7.2.3 Πίνακες Σύνοψης **420**

7.3 Βασικές Συνδεσμολογίες **423**

7.3.1 Οι Τρεις Βασικές Συνδεσμολογίες **423**

7.3.2 Χαρακτηρισμός των Ενισχυτών **424**

7.3.3 Οι Ενισχυτές Κοινής Πηγής (CS) και Κοινού Εκπομπού (CE) **426**

7.3.4 Ο Ενισχυτής Κοινής Πηγής (Κοινού Εκπομπού) με Αντίσταση Πηγής (Εκπομπού) **431**

7.3.5 Οι Ενισχυτές Κοινής Πύλης (CG) και Κοινής Βάσης (CB) **439**

7.3.6 Οι Ακόλουθοι Πηγής και Εκπομπού **442**

7.3.7 Πίνακες Σύνοψης και Συγκρίσεις **452**

7.3.8 Πότε και Πώς Συμπεριλαμβάνεται η Αντίσταση Εξόδου r_o του Τρανζίστορ **453**

7.4 Πόλωση **454**

7.4.1 Η Περίπτωση των MOSFET **455**

7.4.2 Η Περίπτωση των BJT **461**

7.5 Ενισχυτές Υλοποιημένοι με Διακριτά Κυκλώματα **467**

7.5.1 Ενισχυτής Κοινής Πηγής (CS) **467**

7.5.2 Ενισχυτής Κοινού Εκπομπού (CE) **470**

7.5.3 Ενισχυτής Κοινού Εκπομπού με Αντίσταση Εκπομπού, R_e **471**

7.5.4 Ενισχυτής Κοινής Βάσης (CB) **473**

7.5.5 Ακόλουθος Εκπομπού **475**

7.5.6 Απόκριση Συχνότητας των Ενισχυτών **477**

Σύνοψη **479**

Προβλήματα **480**

ΜΕΡΟΣ II ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ 506

8 Δομικά Συστατικά Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων Ενισχυτών 508

Εισαγωγή **509**

8.1 Φιλοσοφία Σχεδίασης Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων **510**

8.2 Πόλωση Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων – Πηγές Ρεύματος, Καθρέπτες Ρεύματος και Κυκλώματα Οδήγησης Ρεύματος **511**

8.2.1	Η Βασική Πηγή Ρεύματος με MOSFET	512
8.2.2	Κυκλώματα Οδήγησης Ρεύματος με Στοιχεία MOS	515
8.2.3	Κυκλώματα με Στοιχεία BJT	518
8.2.4	Λειτουργία Ασθενούς Σήματος των Καθρεπτών Ρεύματος	523
8.3	Το Βασικό Κύτταρο Κέρδους	525
8.3.1	Οι Ενισχυτές CS και CE με Φορτίο Πηγής Ρεύματος	525
8.3.2	Το Εσωτερικό Κέρδος	527
8.3.3	Επίδραση της Αντίστασης Εξόδου της Πηγής Ρεύματος	530
8.3.4	Αύξηση του Κέρδους του Βασικού Κυττάρου	536
8.4	Οι Ενισχυτές Κοινής Πύλης και Κοινής Βάσης	537
8.4.1	Το Κύκλωμα Κοινής Πύλης	537
8.4.2	Αντίσταση Εξόδου Ένας Ενισχυτή Κοινής Πηγής με Αντίσταση Πηγής	541
8.4.3	Το Φαινόμενο Σώματος	542
8.4.4	Το Κύκλωμα Κοινής Βάσης	543
8.4.5	Αντίσταση Εξόδου Ενισχυτή Κοινού Εκπομπού με Εκφυλισμό Εκπομπού	546
8.5	Ο Ενισχυτής Cascode	546
8.5.1	Συνδεσμολογία Cascode	546
8.5.2	Ο Ενισχυτής Cascode με Στοιχεία MOS	547
8.5.3	Κατανομή του Κέρδους Τάσης σε Έναν Ενισχυτή Cascode	552
8.5.4	Κυκλωματική Διάταξη Διπλού Cascode	555
8.5.5	Κυκλωματική Διάταξη Folded Cascode	555
8.5.6	Ο Ενισχυτής Cascode με Στοιχεία BJT	557
8.6	Κυκλώματα Καθρεπτών Ρεύματος με Βελτιωμένη Απόδοση	559
8.6.1	Cascode Κυκλώματα Καθρεπτών με Στοιχεία MOS	559
8.6.2	Ο Καθρέπτης Ρεύματος Wilson	560
8.6.3	Ο Καθρέπτης Ρεύματος Wilson με Στοιχεία MOS	563
8.6.4	Η Πηγή Ρεύματος Widlar	565
8.7	Χρήσιμες Κυκλωματικές Διατάξεις με Ζεύγη Τρανζίστορ	567
8.7.1	Οι Συνδεσμολογίες CC-CE, CD-CS και CD-CE	567
8.7.2	Η Συνδεσμολογία Darlington	571
8.7.3	Οι Συνδεσμολογίες CC-CB και CD-CG	572
	Σύνοψη	575
	Προβλήματα	576

9 Διαφορικοί Ενισχυτές και Ενισχυτές Πολλών Σταδίων **594**

	Εισαγωγή	595
9.1	Το Διαφορικό Ζεύγος MOS	596
9.1.1	Λειτουργία με Κοινή Τάση Εισόδου	597
9.1.2	Λειτουργία με Διαφορική Τάση Εισόδου	601
9.1.3	Λειτουργία Ισχυρού Σήματος	602
9.1.4	Ανάλυση Ασθενούς Σήματος του Διαφορικού Ζεύγους MOS	607
9.1.5	Ο Διαφορικός Ενισχυτής με Φορτίο Πηγής Ρεύματος	611
9.1.6	Διαφορικός Ενισχυτής Cascode	612
9.2	Το Διαφορικό Ζεύγος BJT	614
9.2.1	Βασική Λειτουργία	614
9.2.2	Περιοχή Κοινού Σήματος Εισόδου	616
9.2.3	Λειτουργία Ισχυρού Σήματος	617

9.2.4	Λειτουργία Ασθενούς Σήματος	620
9.3	Απόρριψη Κοινού Σήματος	627
9.3.1	Η Περίπτωση των MOS	628
9.3.2	Η Περίπτωση των BJT	634
9.4	Εκτροπή DC	637
9.4.1	Η Τάση Εκτροπής Εισόδου του Διαφορικού Ζεύγους MOS	637
9.4.2	Η Τάση Εκτροπής Εισόδου του Διπολικού Διαφορικού Ζεύγους	640
9.4.3	Ρεύματα Πώλωσης και Εκτροπής Εισόδου του Διπολικού Ζεύγους	643
9.4.4	Ένα Τελικό Σχόλιο	644
9.5	Ο Διαφορικός Ενισχυτής με Ενεργό Φορτίο (Καθρέπτη Ρεύματος)	644
9.5.1	Μετατροπή από Διαφορική σε Απλή (Single-Ended) Έξοδο	644
9.5.2	Το Διαφορικό Ζεύγος MOS με Ενεργό Φορτίο (Καθρέπτη Ρεύματος)	645
9.5.3	Το Διαφορικό Κέρδος του Ζεύγους MOS με Ενεργό Φορτίο (Καθρέπτη Ρεύματος)	647
9.5.4	Το Διπολικό Διαφορικό Ζεύγος με Ενεργό Φορτίο (Καθρέπτη Ρεύματος)	651
9.5.5	Κέρδος και Λόγος Απόρριψης Κοινού Σήματος	655
9.6	Ενισχυτές Πολλών Σταδίων	659
9.6.1	Τελεστικός Ενισχυτής Δύο Σταδίων	659
9.6.2	Τελεστικός Ενισχυτής με Διπολικά Στοιχεία	664
	Σύνοψη	672
	Προβλήματα	674

10 Απόκριση Συχνότητας 696

	Εισαγωγή	697
10.1	Απόκριση Χαμηλών Συχνοτήτων Διακριτών Κυκλωμάτων Ενισχυτών Κοινής Πηγής και Κοινού Εκπομπού	699
10.1.1	Ο Ενισχυτής Κοινής Πηγής (CS)	699
10.1.2	Η Μέθοδος των Σταθερών Χρόνου Βραχυκύκλωσης	707
10.1.3	Ο Ενισχυτής Κοινού Εκπομπού	707
10.2	Εσωτερικά Χωρητικά Φαινόμενα και Μοντέλο Υψηλών Συχνοτήτων για MOSFET και BJT	711
10.2.1	Η Περίπτωση των MOSFET	711
10.2.2	Η Περίπτωση των BJT	717
10.3	Απόκριση Υψηλών Συχνοτήτων των Ενισχυτών CS και CE	722
10.3.1	Ο Ενισχυτής Κοινής Πηγής	722
10.3.2	Ο Ενισχυτής Κοινού Εκπομπού	728
10.3.3	Το Θεώρημα Miller	732
10.3.4	Απόκριση Συχνότητας του Ενισχυτή CS Όταν η R_{sig} Είναι Μικρή	735
10.4	Χρήσιμα Εργαλεία για την Ανάλυση της Απόκρισης Υψηλών Συχνοτήτων των Ενισχυτών	739
10.4.1	Η Συνάρτηση Κέρδους για τις Υψηλές Συχνότητες	739
10.4.2	Εύρεση της Συχνότητας 3-dB, f_H	740
10.4.3	Η Μέθοδος των Σταθερών Χρόνου Ανοικτοκύκλωσης	743
10.4.4	Εφαρμογή της Μεθόδου των Σταθερών Χρόνου Ανοικτοκύκλωσης στον Ενισχυτή CS	744
10.4.5	Εφαρμογή της Μεθόδου των Σταθερών Χρόνου Ανοικτοκύκλωσης στον Ενισχυτή CE	748
10.5	Απόκριση Υψηλών Συχνοτήτων των Ενισχυτών Κοινής Πύλης και Cascode	748
10.5.1	Απόκριση Υψηλών Συχνοτήτων του Ενισχυτή Κοινής Πηγής	748

10.5.2 Απόκριση Υψηλών Συχνοτήτων του Cascode Ενισχυτή με Στοιχεία MOS	754
10.5.3 Απόκριση Υψηλών Συχνοτήτων του Cascode Ενισχυτή με Διπολικά Στοιχεία	759
10.6 Απόκριση Υψηλών Συχνοτήτων των Ακόλουθων Πηγής και Εκπομπού	760
10.6.1 Η Περίπτωση του Ακόλουθου Πηγής	761
10.6.2 Η Περίπτωση του Ακόλουθου Εκπομπού	767
10.7 Απόκριση Υψηλών Συχνοτήτων των Διαφορικών Ενισχυτών	768
10.7.1 Ανάλυση Ενισχυτή MOS με Ωμικό Φορτίο	768
10.7.2 Ανάλυση Ενισχυτή MOS με Φορτίο Καθρέπτη Ρεύματος	772
10.8 Άλλες Συνδεσμολογίες Ενισχυτών Ευρείας Ζώνης	778
10.8.1 Επίτευξη Ενίσχυσης Ευρείας Ζώνης Μέσω Εκφυλισμού Πηγής και Εκπομπού	778
10.8.2 Οι Συνδεσμολογίες CD-CS, CC-CE και CD-CE	781
10.8.3 Οι Συνδεσμολογίες CC-CB και CD-CG	786
Σύνοψη	788
Προβλήματα	789

11 Ανάδραση 806

Εισαγωγή	807
11.1 Η Γενική Δομή της Ανάδρασης	808
11.1.1 Το Διάγραμμα Ροής Σήματος	808
11.1.2 Το Κέρδος Κλειστού Βρόχου	809
11.1.3 Το Κέρδος Βρόχου	810
11.1.4 Σύνοψη	814
11.2 Ορισμένες Ιδιότητες της Αρνητικής Ανάδρασης	815
11.2.1 Αποευαισθητοποίηση του Κέρδους	815
11.2.2 Επέκταση Εύρους Ζώνης	816
11.2.3 Μείωση Παρεμβολών	817
11.2.4 Μείωση στη Μη-Γραμμική Παραμόρφωση	819
11.3 Ο Ενισχυτής Τάσης με Ανάδραση	820
11.3.1 Η Τοπολογία Σειράς-Παράλληλα με Ανάδραση	820
11.3.2 Παραδείγματα Ενισχυτών Σειράς-Παράλληλα με Ανάδραση	821
11.3.3 Ανάλυση του Ενισχυτή Τάσης με Ανάδραση Μέσω του Κέρδους Βρόχου	823
11.3.4 Ένα Τελικό Σχόλιο	828
11.4 Συστηματική Ανάλυση των Ενισχυτών Τάσης με Ανάδραση	828
11.4.1 Η Ιδανική Περίπτωση	829
11.4.2 Η Πρακτική Περίπτωση	831
11.5 Άλλοι Τύποι Ενισχυτών με Ανάδραση	840
11.5.1 Βασικές Αρχές	840
11.5.2 Ο Ενισχυτής Διαγωγιμότητας (Σειράς-Σειράς) με Ανάδραση	844
11.5.3 Ο Ενισχυτής Διαντίστασης (Παράλληλα-Παράλληλα) με Ανάδραση	855
11.5.4 Ο Ενισχυτής Ρεύματος (Παράλληλα-Σειράς) με Ανάδραση	865
11.6 Σύνοψη της Μεθόδου Ανάλυσης των Ενισχυτών με Ανάδραση	871
11.7 Το Πρόβλημα της Ευστάθειας	871
11.7.1 Συνάρτηση Μεταφοράς του Ενισχυτή με Ανάδραση	871
11.7.2 Το Διάγραμμα Nyquist	873
11.8 Η Επίδραση της Ανάδρασης στους Πόλους του Ενισχυτή	875
11.8.1 Ευστάθεια και Θέση των Πόλων	875
11.8.2 Πόλοι του Ενισχυτή με Ανάδραση	876

11.8.3	Ενισχυτής με Απόκριση Ενός Πόλου	877
11.8.4	Ενισχυτής με Απόκριση Δύο Πόλων	878
11.8.5	Ενισχυτές με Τρεις ή Περισσότερους Πόλους	883
11.9	Μελέτη της Ευστάθειας με Χρήση Διαγραμμμάτων Bode	885
11.9.1	Περιθώρια Κέρδους και Φάσης	885
11.9.2	Επίδραση του Περιθωρίου Φάσης στην Απόκριση Κλειστού Βρόχου	886
11.9.3	Μία Εναλλακτική Προσέγγιση για τη Διερεύνηση της Ευστάθειας	887
11.10	Αντιστάθμιση Συχνότητας	889
11.10.1	Θεωρία	889
11.10.2	Υλοποίηση	891
11.10.3	Αντιστάθμιση Miller και Διαχωρισμός Πόλων	892
	Σύνοψη	895
	Προβλήματα	896

12 Στάδια Εξόδου και Ενισχυτές Ισχύος 920

	Εισαγωγή	921
12.1	Κατάταξη των Σταδίων Εξόδου	922
12.2	Στάδιο Εξόδου Τάξης Α	923
12.2.1	Χαρακτηριστικές Μεταφοράς	924
12.2.2	Κυματομορφές Σήματος	925
12.2.3	Κατανάλωση Ισχύος	926
12.2.4	Αποδοτικότητα Μετατροπής Ενέργειας	928
12.3	Στάδιο Εξόδου Τάξης Β	929
12.3.1	Λειτουργία του Κυκλώματος	929
12.3.2	Χαρακτηριστική Μεταφοράς	929
12.3.3	Αποδοτικότητα Μετατροπής Ενέργειας	930
12.3.4	Κατανάλωση Ισχύος	931
12.3.5	Μείωση της Παραμόρφωσης Περάσματος	933
12.3.6	Λειτουργία με Απλό Τροφοδοτικό	934
12.4	Στάδιο Εξόδου Τάξης ΑΒ	935
12.4.1	Λειτουργία του Κυκλώματος	935
12.4.2	Αντίσταση Εξόδου	937
12.5	Πόλωση Κυκλωμάτων Τάξης ΑΒ	940
12.5.1	Πόλωση με Χρήση Διόδων	940
12.5.2	Πόλωση με την Χρήση του Πολλαπλασιαστή V_{BE}	942
12.6	Παραλλαγές της Συνδεσμολογίας Τάξης ΑΒ	945
12.6.1	Χρήση Ακόλουθων Εκπομπού στην Είσοδο	945
12.6.2	Χρήση Σύνθετων Στοιχείων	946
12.6.3	Προστασία από Βραχυκύκλωμα	949
12.6.4	Θερμική Προστασία	950
12.7	CMOS Στάδια Εξόδου Τάξης ΑΒ	950
12.7.1	Η Κλασική Συνδεσμολογία	950
12.7.2	Ένα Εναλλακτικό Κύκλωμα με Τρανζίστορ σε Συνδεσμολογία Κοινής Πηγής	953
12.8	Ολοκληρωμένοι Ενισχυτές Ισχύος	961
12.8.1	Ολοκληρωμένος Ενισχυτής Ισχύος Σταθερού Κέρδους	962
12.8.2	Ο Ενισχυτής Γέφυρας	966

- 12.9 Ενισχυτές Ισχύος Τάξης D **967**
- 12.10 Τρανζίστορ Ισχύος **971**
 - 12.10.1 Συσκευασίες και Ψύκτρες **971**
 - 12.10.2 BJT Τρανζίστορ Ισχύος **972**
 - 12.10.3 MOSFET Τρανζίστορ Ισχύος **974**
 - 12.10.4 Θερμικά Ζητήματα **976**

Σύνοψη **982**

Προβλήματα **983**

13 Κυκλώματα με Τελεστικούς Ενισχυτές 994

Εισαγωγή **995**

13.1 Ο Τελεστικός Ενισχυτής CMOS Δύο Σταδίων **996**

13.1.1 Το Κύκλωμα **997**

13.1.2 Περιοχή Κοινού Σήματος Εισόδου και Περιθώριο Μεταβολής Εξόδου **998**

13.1.3 Κέρδος Τάσης **999**

13.1.4 Λόγος Απόρριψης Κοινού Σήματος (CMRR) **1001**

13.1.5 Απόκριση Συχνότητας **1002**

13.1.6 Ρυθμός Ανόδου **1007**

13.1.7 Λόγος Απόρριψης Τάσης Τροφοδοσίας (PSRR) **1008**

13.1.8 Σχεδιαστικοί Συμβιβασμοί **1009**

13.1.9 Ένα Κύκλωμα Πόλωσης για τον Δύο Σταδίων Τελεστικό Ενισχυτή CMOS **1010**

13.2 Ο Folded Cascode Τελεστικός Ενισχυτής CMOS **1016**

13.2.1 Το Κύκλωμα **1016**

13.2.2 Περιοχή Κοινού Σήματος Εισόδου και Περιθώριο Μεταβολής της Εξόδου **1018**

13.2.3 Κέρδος Τάσης **1020**

13.2.4 Απόκριση Συχνότητας **1021**

13.2.5 Ρυθμός Ανόδου **1022**

13.2.6 Αύξηση της Περιοχής Κοινού Σήματος Εισόδου με Χρήση Τοπολογίας Rail-to-Rail για το Στάδιο Εισόδου **1024**

13.2.7 Αύξηση του Εύρους Τιμών της Εξόδου: Ο «Wide-Swing» Καθρέπτης ρεύματος **1026**

13.3 Το Κύκλωμα Τελεστικού Ενισχυτή 741 **1028**

13.3.1 Το Κύκλωμα του 741 **1028**

13.3.2 DC Ανάλυση του 741 **1032**

13.3.3 Ανάλυση Ασθενούς Σήματος **1038**

13.3.4 Απόκριση Συχνότητας **1051**

13.3.5 Ρυθμός Ανόδου **1053**

13.4 Σύγχρονες Τεχνικές Σχεδίασης Τελεστικών Ενισχυτών BJT **1054**

13.4.1 Ειδικές Απαιτήσεις Απόδοσης **1054**

13.4.2 Σχεδίαση Πόλωσης **1056**

13.4.3 Σχεδίαση του Σταδίου Εισόδου για Rail-to-Rail V_{ICM} **1058**

13.4.4 Χρήση Ανάδρασης για τον Έλεγχο της DC Τάσης στην Έξοδο του Σταδίου Εισόδου **1064**

13.4.5 Σχεδίαση του Σταδίου Εξόδου για Περιθώριο Μεταβολής της Εξόδου Παρόμοιο με Αυτό της Rail-to-Rail Λειτουργίας **1069**

13.4.6 Τελικό Σχόλιο **1073**

Σύνοψη **1073**

Προβλήματα **1074**

14 Ψηφιακά Λογικά Κυκλώματα CMOS 1088Εισαγωγή **1089**14.1 Κυκλώματα Λογικών Πυλών CMOS **1090**14.1.1 Μοντέλο Τρανζίστορ ως Διακόπτη **1090**14.1.2 Ο Αντιστροφέας CMOS **1091**14.1.3 Γενική Δομή Λογικών Κυκλωμάτων CMOS **1091**14.1.4 Η Πύλη NOR Δύο Εισόδων **1094**14.1.5 Η Πύλη NAND Δύο Εισόδων **1095**14.1.6 Μία Σύνθετη Πύλη **1096**14.1.7 Εύρεση του PUN από το PDN και το Αντίστροφο **1096**14.1.8 Η Συνάρτηση Αποκλειστικού-OR **1097**14.1.9 Σύνοψη της Μεθόδου Σύνθεσης **1098**14.2 Ψηφιακοί Λογικοί Αντιστροφείς **1100**14.2.1 Η Χαρακτηριστική Μεταφοράς Τάσης (VTC) **1100**14.2.2 Περιθώρια Θορύβου **1101**14.2.3 Η Ιδανική VTC **1103**14.2.4 Υλοποίηση Αντιστροφέα **1103**14.3 Ο Αντιστροφέας CMOS **1114**14.3.1 Λειτουργία του Κυκλώματος **1114**14.3.2 Η Χαρακτηριστική Μεταφοράς Τάσης **1117**14.3.3 Η Περίπτωση Όπου τα Q_N και Q_P Δεν Είναι Ταυτισμένα **1120**14.4 Δυναμική Λειτουργία του Αντιστροφέα CMOS **1125**14.4.1 Καθυστερήση Διάδοσης **1125**14.4.2 Υπολογισμός της Καθυστερήσης Διάδοσης του Αντιστροφέα CMOS **1129**14.4.3 Εύρεση της Ισοδύναμης Χωρητικότητας Φορτίου C **1136**14.5 Διαστάσεις των Τρανζίστορ **1139**14.5.1 Διαστάσεις Αντιστροφέων **1139**14.5.2 Διαστάσεις των Τρανζίστορ σε Λογικές Πύλες CMOS **1141**14.5.3 Επίδραση των Fan-In και Fan-Out στην Καθυστερήση Διάδοσης **1145**14.5.4 Οδήγηση Μεγάλων Χωρητικότητων **1146**14.6 Κατανάλωση Ισχύος **1149**14.6.1 Πηγές Κατανάλωσης Ισχύος **1149**14.6.2 Τα Γινόμενα Ισχύος-Καθυστερήσης και Ενέργειας-Καθυστερήσης **1152**Σύνοψη **1154**Προβλήματα **1156****15 Σχεδίαση Ψηφιακών Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων: Προχωρημένα Θέματα 1166**Εισαγωγή **1167**15.1 Η Εξέλιξη της Τεχνολογίας: Προβλήματα κατά τη Σχεδίαση σε Υπομικρομετρική Κλίμακα **1168**15.1.1 Επιφάνεια Πυριτίου **1169**15.1.2 Επιπτώσεις της Μείωσης των Διαστάσεων **1169**15.1.3 Κορεσμός Ταχύτητας **1171**

15.1.4	Αγωγή στην Περιοχή Υποκατωφλίου	1177
15.1.5	Διακυμάνσεις Θερμοκρασίας, Τάσης και Κατασκευαστικής Διεργασίας	1178
15.1.6	Διασυνδέσεις	1178
15.2	Τεχνολογίες Ψηφιακών ΟΚ, Οικογένειες Λογικών Κυκλωμάτων και Μεθοδολογίες Σχεδίασης	1179
15.2.1	Τεχνολογίες Ψηφιακών ΟΚ και Οικογένειες Λογικών Κυκλωμάτων	1180
15.2.2	Προσεγγίσεις για τη Σχεδίαση Ψηφιακών Συστημάτων	1182
15.2.3	Αφαιρετικότητα και Εργαλεία Σχεδίασης σε Υπολογιστή	1182
15.3	Λογικά Κυκλώματα Ψευδο-NMOS	1183
15.3.1	Ο Ψευδο-NMOS Αντιστροφέας	1183
15.3.2	Στατικά Χαρακτηριστικά	1184
15.3.3	Παραγωγή της Χαρακτηριστικής Μεταφοράς Τάσης	1186
15.3.4	Δυναμική Λειτουργία	1188
15.3.5	Σχεδίαση	1189
15.3.6	Κυκλώματα Πυλών	1189
15.3.7	Τελικά Σχόλια	1190
15.4	Λογικά Κυκλώματα Pass-Transistor	1192
15.4.1	Μία Ουσιώδης Σχεδιαστική Απαιτήση	1193
15.4.2	Λειτουργία με Τρανζίστορ NMOS ως Διακόπτες	1194
15.4.3	Αποκατάσταση της Τιμής V_{OH} προς V_{DD}	1198
15.4.4	Χρήση CMOS Πυλών Μετάδοσης ως Διακόπτες	1199
15.4.5	Παραδείγματα Λογικών Κυκλωμάτων Pass-Transistor	1206
15.4.6	Ένα Τελικό Σχόλιο	1208
15.5	Δυναμικά Λογικά Κυκλώματα MOS	1208
15.5.1	Η Βασική Αρχή	1209
15.5.2	Μη-Ιδανικά Χαρακτηριστικά και Επιδράσεις τους	1212
15.5.3	CMOS Λογική Domino	1216
15.5.4	Τελικά Σχόλια	1217
15.6	Διπολικά και BiCMOS Λογικά Κυκλώματα	1217
15.6.1	Λογική Συζευγμένου Εκπομπού (ECL)	1218
15.6.2	Ψηφιακά Κυκλώματα BiCMOS	1223
	Σύνοψη	1226
	Προβλήματα	1227
16	Κυκλώματα Μνήμης	1236
	Εισαγωγή	1237
16.1	Μανδαλωτές και Flip-Flop	1238
16.1.1	Μανδαλωτής	1238
16.1.2	Το SR Flip-Flop	1240
16.1.3	CMOS Υλοποίηση των SR Flip-Flop	1241
16.1.4	Μια Απλούστερη CMOS Υλοποίηση του SR Flip-Flop με Κύκλωμα Ρολογιού	1247
16.1.5	Κυκλώματα D Flip-Flop	1247
16.2	Μνήμες Ημιαγωγών: Τύποι και Αρχιτεκτονικές	1249
16.2.1	Η Οργάνωση Ενός Ολοκληρωμένου Μνήμης	1250
16.2.2	Ο Χρονισμός Ενός Ολοκληρωμένου Μνήμης	1252
16.3	Κύτταρα Μνήμης Τυχαίας Προσπέλασης	1253
16.3.1	Κύτταρα Στατικής Μνήμης	1253

- 16.3.2 Κύτταρα Δυναμικής Μνήμης **1260**
- 16.4 Ενισχυτές Ανίχνευσης και Αποκωδικοποιητές Διευθύνσεων **1262**
 - 16.4.1 Ενισχυτής Ανίχνευσης **1263**
 - 16.4.2 Ο Αποκωδικοποιητής Διεύθυνσης Γραμμής **1271**
 - 16.4.3 Ο Αποκωδικοποιητής Διεύθυνσης Στήλης **1273**
 - 16.4.4 Κυκλώματα Παραγωγής Παλμών **1274**
- 16.5 Μνήμη Μόνο Ανάγνωσης (ROM) **1276**
 - 16.5.1 ROM Τεχνολογίας MOS **1276**
 - 16.5.2 Προγραμματιζόμενες ROM με Μάσκα **1278**
 - 16.5.3 Προγραμματιζόμενες ROM (PROM, EPROM & Flash) **1279**
- 16.6 Αισθητήρες Εικόνας CMOS **1281**
- Σύνοψη **1282**
- Προβλήματα **1283**

ΜΕΡΟΣ IV ΦΙΛΤΡΑ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ **1288**

- 17 Φίλτρα και Συντονισμένοι Ενισχυτές **1290****
 - Εισαγωγή **1291**
 - 17.1 Μετάδοση Φίλτρου, Τύποι και Προδιαγραφές **1292**
 - 17.1.1 Μετάδοση Φίλτρου **1292**
 - 17.1.2 Τύποι Φίλτρων **1293**
 - 17.1.3 Προδιαγραφές Φίλτρων **1293**
 - 17.2 Η Συνάρτηση Μεταφοράς του Φίλτρου **1296**
 - 17.3 Φίλτρα Butterworth και Chebyshev **1300**
 - 17.3.1 Το Φίλτρο Butterworth **1300**
 - 17.3.2 Το Φίλτρο Chebyshev **1304**
 - 17.4 Πρωτοβάθμιες και Δευτεροβάθμιες Συναρτήσεις Φίλτρων **1307**
 - 17.4.1 Φίλτρα Πρώτης Τάξης **1308**
 - 17.4.2 Συναρτήσεις Φίλτρων δεύτερης τάξης **1311**
 - 17.5 Το 2ης Τάξης LCR Κύκλωμα Συντονισμού (Resonator) **1316**
 - 17.5.1 Οι Φυσικές Συχνότητες του Κυκλώματος Συντονισμού **1316**
 - 17.5.2 Υλοποίηση των Μηδενικών μετάδοσης **1317**
 - 17.5.3 Υλοποίηση της Συνάρτησης Βαθυπερατού Τύπου **1317**
 - 17.5.4 Υλοποίηση της Συνάρτησης Υψιπερατού Τύπου **1319**
 - 17.5.5 Υλοποίηση της Συνάρτησης Ζωνοπερατού Τύπου **1319**
 - 17.5.6 Υλοποίηση των Συναρτήσεων Σχισμής **1319**
 - 17.5.7 Υλοποίηση της Συνάρτησης Ολοπερατού Τύπου **1321**
 - 17.6 Ενεργά Φίλτρα Δεύτερης Τάξης Βασισμένα στην Αντικατάσταση Επαγωγών **1322**
 - 17.6.1 Το Κύκλωμα Προσομοίωσης Πηνίου του Αντωνίου **1322**
 - 17.6.2 Το Κύκλωμα Συντονισμού Τελεστικού Ενισχυτή-RC **1323**
 - 17.6.3 Υλοποίηση Διάφορων Τύπων Φίλτρων **1325**
 - 17.6.4 Το Ολοπερατό Κύκλωμα **1325**
 - 17.7 Ενεργά Φίλτρα Δεύτερης Τάξης Βασισμένα στην Τοπολογία του Βρόχου Δύο Ολοκληρωτών **1330**
 - 17.7.1 Δημιουργία του Βiquad Βρόχου Δύο Ολοκληρωτών **1330**
 - 17.7.2 Κυκλωματική Υλοποίηση **1332**
 - 17.7.3 Ένα Εναλλακτικό Κύκλωμα Βiquad Βρόχου Δύο Ολοκληρωτών **1334**

17.7.4 Τελικά Σχόλια	1335
17.8 Ενεργά Φίλτρα Δεύτερης Τάξης (Biquad) με Έναν Ενισχυτή	1336
17.8.1 Σύνθεση του Βρόχου Ανάδρασης	1336
17.8.2 Εισαγωγή του Σήματος Εισόδου	1339
17.8.3 Δημιουργία Ισοδύναμων Βρόχων Ανάδρασης	1341
17.9 Ευαισθησία	1344
17.10 Φίλτρα Διαγωγιμότητας-Χωρητικότητας	1347
17.10.1 Μέθοδοι Υλοποίησης Φίλτρων σε ΟΚ	1347
17.10.2 Διαγωγοί	1348
17.10.3 Βασικά Δομικά Συστατικά των Φίλτρων	1349
17.10.4 Φίλτρο G_m - C Δεύτερης Τάξης	1351
17.11 Φίλτρα Διακοπτόμενων Πυκνωτών	1354
17.11.1 Η Βασική Αρχή	1354
17.11.2 Πρακτικά Κυκλώματα	1356
17.11.3 Ένα Τελικό Σχόλιο	1359
17.12 Συντονισμένοι Ενισχυτές	1359
17.12.1 Η Βασική Αρχή	1360
17.12.2 Απώλειες του Πηνίου	1362
17.12.3 Χρήση Μετασχηματιστών	1363
17.12.4 Ενισχυτές με Πολλαπλά Συντονισμένα Κυκλώματα	1365
17.12.5 Η Εν Σειρά Σύνδεση CC-CB (Κοινού Συλλέκτη-Κοινής Βάσης) και η Συνδεσμολογία Cascode	1366
17.12.6 Σύγχρονος Συντονισμός και Συντονισμός Stagger	1367
Σύνοψη	1368
Προβλήματα	1369

18 Γεννήτριες Σημάτων και Κυκλώματα Σχηματισμού Κυματομορφών 1378

Εισαγωγή	1379
18.1 Βασικές Αρχές Ημιτονοειδών Ταλαντωτών	1380
18.1.1 Ο Βρόχος Ανάδρασης του Ταλαντωτή	1380
18.1.2 Το Κριτήριο Ταλάντωσης	1381
18.1.3 Ανάλυση Κυκλωμάτων Ταλαντωτών	1382
18.1.4 Μη-Γραμμικός Έλεγχος Πλάτους	1385
18.1.5 Ένα Δημοφιλές Κύκλωμα Περιορισμού για Έλεγχο Πλάτους	1386
18.2 Κυκλώματα Ταλαντωτών με Τελεστικό Ενισχυτή και RC	1388
18.2.1 Ο Ταλαντωτής Γέφυρας Wien	1388
18.2.2 Ο Ταλαντωτής Ολίσησης Φάσης	1391
18.2.3 Ο Ταλαντωτής Τετραγωνισμού	1392
18.2.4 Συντονιζόμενος Ταλαντωτής Ενεργού Φίλτρου	1394
18.2.5 Ένα Τελικό Σχόλιο	1396
18.3 Ταλαντωτές με LC και Κρύσταλλο	1396
18.3.1 Ταλαντωτές Colpitts και Hartely	1396
18.3.2 Ο Χιαστί Συνδεδεμένος (Cross-Coupled) Ταλαντωτής LC	1400
18.3.3 Κρυσταλλικοί Ταλαντωτές	1402
18.4 Δισταθείς Πολυδονητές	1404
18.4.1 Ο Βρόχος Ανάδρασης	1405
18.4.2 Η Χαρακτηριστική Μεταφοράς του Δισταθούς Κυκλώματος	1406

18.4.3 Σκανδαλισμός του Δισταθούς Κυκλώματος	1407
18.4.4 Το Δισταθές Κύκλωμα Ως Στοιχείο Μνήμης	1407
18.4.5 Δισταθές Κύκλωμα με Μη-Αναστρέφουσα Χαρακτηριστική Μεταφοράς	1408
18.4. Εφαρμογή του Δισταθούς Κυκλώματος ως Συγκριτή	1409
18.4.7 Ακριβείς Στάθμες Εξόδου	1411
18.5 Δημιουργία Τετραγωνικών και Τριγωνικών Κυματομορφών με Ασταθείς Πολυδονητές	1412
18.5.1 Λειτουργία του Ασταθούς Πολυδονητή	1413
18.5.2 Παραγωγή Τριγωνικών Κυματομορφών	1415
18.6 Δημιουργία Τετραγωνικού Τυποποιημένου Παλμού - ο Μονοσταθής Πολυδονητής	1417
18.7 Χρονιστές Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων	1419
18.7.1 Το Κύκλωμα του 555	1419
18.7.2 Το 555 ως Μονοσταθής Πολυδονητής	1420
18.7.3 Χρήση του Ολοκληρωμένου 555 σε Ένα Κύκλωμα Ασταθή Πολυδονητή	1420
18.8 Μη-Γραμμικά Κυκλώματα Σχηματισμού Κυματομορφών	1424
18.8.1 Η Μέθοδος των Σημείων Καμπής	1424
18.8.2 Η Μέθοδος της Μη-Γραμμικής Ενίσχυσης	1426
Σύνοψη	1428
Προβλήματα	1428

Παραρτήματα

- A. Τεχνολογία Κατασκευής VLSI** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- B. Μοντέλα Στοιχείων στο SPICE, Παραδείγματα Σχεδίασης και Προσομοίωσης με τα PSpice® και Multisim™** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- Γ. Παράμετροι Δίθυρων Δικτύων** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- Δ. Χρήσιμα Θεωρήματα Δικτύων** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- Ε. Κυκλώματα Μιας Σταθεράς Χρόνου** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- ΣΤ. Ανάλυση στο Πεδίο s: Πόλοι, Μηδενικά και Διαγράμματα Bode** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- Z. Σύγκριση Μεταξύ MOSFET και BJT** Z-1
- H. Σχεδίαση Συντονισμένων Ενισχυτών Τύπου Stagger** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- Θ. Βιβλιογραφία** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)
- I. Τιμές Τυποποιημένων Αντιστάσεων και Μονάδες** I-1
- K. Τυπικές Τιμές Παραμέτρων για Στοιχεία που Κατασκευάζονται με Τεχνολογίες Ολοκληρωμένων Κυκλωμάτων** K-1
- Λ. Απαντήσεις σε Επιλεγμένα Προβλήματα** (στον συνοδευτικό ιστότοπο)

Ευρετήριο E-1