ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ

Γραμμικά Ολοκληρωμένα Κυκλώματα και Εφαρμογές

Ι. Ν. ΛΥΓΟΥΡΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ
Δ. Π. Θ

Έκδοση 4η

Στη Χαρά τον Νίκο και τον Λευτέρη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥ ΕΝΙΣΧΥΤΗ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 19

1.2. Ο ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ 21

1.3. ΠΗΓΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ Η ΚΑΘΡΕΠΤΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ 28

1.4. ΛΟΓΟΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΚΟΙΝΟΥ ΡΥΘΜΟΥ (CMRR) 33

1.5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ 34

1.5.1. Διαγωγιμότητα 38

1.6. ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΕΞΟΔΟΥ 41

1.7. Ο ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ 43

1.8. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥΣ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ 45

1.9. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ 51

ΑΣΚΗΣΕΙΣ 54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 57

2.2. Η ΕΝΝΟΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΔΡΑΣΗΣ 58

2.2.1. Σταθεροποίηση κέρδους 60

2.2.2. Σύνθετη αντίσταση εισόδου 61

2.2.3. Σύνθετη αντίσταση εξόδου 61

2.2.4. Επέκταση του εύρους ζώνης 62
2.2.5. Ανάδραση ρεύματος 63
2.3. ΑΣΤΑΘΕΙΑ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΔΡΑΣΗΣ 65
2.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ 66
2.4.1. Κατά συνθήκη γείωση 66
2.4.2. Αναστρέφουσα συνδεσμολογία τελεστικού ενισχυτή 68
2.4.3. Εφαρμογή AC τάσης στον αναστρέφοντα ενισχυτή 71
2.4.4. Μη-αναστρέφουσα συνδεσμολογία τελεστικού ενισχυτή 72
2.4.5. Ακολουθητής τάσης (Voltage follower) 74
2.5. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΜΕ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥΣ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ 75
2.5.1. Κύκλωμα αθροιστή 75
2.5.2. Κύκλωμα ολοκληρωτή 76
2.5.3. Κύκλωμα διαφοριστή 78
2.5.4. Κύκλωμα λογαριθμιστή 79
2.5.5. Αναλογικός πολλαπλασιαστής 81
2.5.6. Άλλες μαθηματικές λειτουργίες 83
2.6. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ 85
2.6.1. Μετατροπέας τάσης σε ρεύμα και ρεύματος σε τάση 85
2.6.2. Διαφορικός μετατροπέας τάσης σε ρεύμα με γειωμένο φορτίο 87
2.6.3. Εξομοίωση επαγωγής 89
2.6.4. Το θεώρημα της υπέρθεσης 90
2.6.5. Βασικός διαφορικός ενισχυτής 92
2.6.6. Τάση κοινού ρυθμού 93
2.6.7. Διαφορικός ενισχυτής ή ενισχυτής οργανολογίας (Instrumentation amplifier) 94
ΑΣΚΗΣΕΙΣ 96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΝΕΡΓΑ ΦΙΛΤΡΑ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 103

3.2. ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΑ ΦΙΛΤΡΑ 106

3.2.1. Εισαγωγή 106

3.2.2. Σχεδιασμός του χαμηλοπερατού φίλτρου πρώτης τάξης 108

3.2.3. Το φίλτρο Butterworth 109

3.2.4. Χαμηλοπερατό φίλτρο Butterworth δεύτερης τάξης 110

3.2.5. Χαμηλοπερατό φίλτρο Butterworth τρίτης τάξης 115

3.3. ΥΨΙΠΕΡΑΤΑ ΦΙΛΤΡΑ BUTTERWORTH 118

3.3.1. Εισαγωγή 118

3.3.2. Ενεργό υψιπερατό φίλτρο πρώτης τάξης 118

3.3.3. Ενεργό υψιπερατό φίλτρο δεύτερης τάξης 120

3.3.4. Ενεργό υψιπερατό φίλτρο τρίτης τάξης 122

3.4. ΦΙΛΤΡΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΖΩΝΗΣ 124

3.4.1. Εισαγωγή 124

3.4.2. Στενής ζώνης φίλτρα διέλευσης συχνοτήτων 126

3.4.3. Ευρείας-ζώνης φίλτρα διέλευσης συχνοτήτων 127

3.4.4. Φίλτρα Notch

128

3.5. Αντίσταση εισόδου στα ενεργά φίλτρα 130

ΑΣΚΗΣΕΙΣ 132

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ ΤΑΣΗΣ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 135
1.1.1. Ανιχνευτές θετικής στάθμης 136
4.1.2. Ανιχνευτές αρνητικής-στάθμης 138
4.1.3. Μετρητής στάθμης αναλογικού σήματος 139
4.1.4. Επίδραση του θορύβου σε κυκλώματα ανίχνευσης στάθμης 142
4.1.5. Συγκριτής με θετική ανάδραση 142
4.2. ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΔΙΑ ΤΟΥ ΜΗΔΕΝΟΣ ΜΕ ΥΣΤΕΡΗΣΗ 146
4.2.1. Ορισμός της υστέρησης 146
4.2.2. Ανιχνευτής διέλευσης δια του μηδενός με υστέρηση σαν στοιχείο μνήμης 148
4.2.3. Μη-αναστρέφων ανιχνευτής στάθμης τάσης με υστέρηση 148
4.2.4. Αναστρέφων ανιχνευτής στάθμης-τάσεως με υστέρηση 150
4.3. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΕΞΟΔΟΥ ΣΥΓΚΡΙΤΗ 153
4.3.1. Απλή οριοθέτηση με Zener 153
4.3.2. Περιορισμός αρνητικής εξόδου 154
4.3.3. Συμμετρικός περιορισμός τάσης εξόδου 155
4.3.4. Οριοθέτηση με τη χρήση Zener στην έξοδο 156
4.4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΩΝ 157
4.4.1. Ανιχνευτής διέλευσης δια του μηδενός 158
4.4.2. Ανιχνευτής ζώνης τάσης 160
4.4.3. Ασταθείς ταλαντωτές 162
ΑΣΚΗΣΕΙΣ 168

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΙ ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΤΙΚΑ (SWITCHING) ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ

5.1. ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ 175
5.2. ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΙ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΕΣ ΤΑΣΗΣ 179
5.3. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΑΣΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ 181
5.3.1. Αναφορά τάσης με δίοδο ZENER 181
5.3.2. *Αναφορά τάσης με χρήση ZENER σταθερού ρεύματος* 182
5.3.3. *Η αναφορά διακένου ζώνης* 183
5.4. Ο ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ 185
5.5. Ο ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ 187
5.6. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΤΩΝ ΤΑΣΗΣ 189
i) Θετικοί και αρνητικοί ρυθμιστές (ή σταθεροποιητές) τάσης 190
ii) Ρυθμιστές τάσης τριών ακροδεκτών 190
iii) Οι ρυθμιστές παρακολούθησης (Tracking regulators) 192
iv) Πλωτοί ρυθμιστές τάσης 193
5.7. ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΩΝ ΤΑΣΗΣ 195
5.8. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΩΝ ΤΑΣΗΣ 198
5.9. ΛΗΨΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΕΞΟΔΟΥ 200
5.10. ΔΙΑΚΟΠΤΙΚΑ ή ΠΑΛΜΟ-ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ (SWITCHING POWER SUPPLIES) 202
5.10.1. Βασικές αρχές 202
5.10.2. Ρυθμιστής μείωσης τάσης 205
5.10.3. Ρυθμιστής ανύψωσης τάσης 211
5.10.4. Ρυθμιστής αντιστροφής τάσης 216
5.10.5. Ρυθμιστής τύπου Isolated flyback 218
5.10.6. Ρυθμιστής τύπου Push-pull 222
5.11. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΚΟΠΤΙΚΩΝ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΩΝ 227
5.11.1. Το διακοπτικό στοιχείο (transistor) 227
5.11.2. Ο μετασχηματιστής 228

5.11.3. Ανορθωτές ισχύος 230
ΑΣΚΗΣΕΙΣ 232

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΕ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 235

6.2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ 238

6.2.1. Βασικοί ορισμοί 238

6.2.2. Χρησιμοποιούμενοι κώδικες 242

6.3. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ (DAC) 244

6.4. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ 248

6.5. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ (ADC) 250

6.5.1. Δειγματοληψία αναλογικών σημάτων 250

6.5.2. Κβαντισμός των δειγμάτων 256

6.5.3. Κωδικοποίηση των κβαντισμένων δειγμάτων 258

6.6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ (A/D) 259

6.6.1. Μέθοδος απαριθμητή ή ανάδρασης 259

6.6.2. Μέθοδος ολοκλήρωσης διπλής κλίσης 261

6.6.3. Μέθοδος διαδοχικών προσεγγίσεων 264

6.6.4. Μέθοδος παράλληλης λειτουργίας 266

ΑΣΚΗΣΕΙΣ 270

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΜΟΝΟΣΤΑΘΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ

7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 275

7.2. ΜΟΝΟΣΤΑΘΕΙΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ ΜΕ ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 276

7.3. ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ ΜΕ ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 280

7.4. ΜΟΝΟΣΤΑΘΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΚΩΝ ΠΥΛΩΝ 282
7.5. ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ 284
7.6. ΕΥΣΤΑΘΗΣ RC ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ 286
7.7. ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΔΥΟ ΠΥΛΩΝ 290
7.8. ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΥΛΩΝ SCHMITT TRIGER 290
7.9. Ο *CMOS* ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ 292
7.10. ΧΡΟΝΟΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΕ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΜΟΡΦΗ 294
7.10.1. Περιγραφή του χρονοκυκλώματος 555 294
7.10.2. Τρόπος λειτουργίας του 555 295
7.10.3. Περιγραφή των ακροδεκτών 296
7.11. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ 555 ΣΑΝ ΜΟΝΟΣΤΑΘΟΥΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗ 300
7.12. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΜΟΝΟΣΤΑΘΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΤΩΝ 304
7.12.1. Διακόπτης επαφής 304
7.12.2. Κύκλωμα μείωσης εύρους παλμών κυματομορφής 306
7.13. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ 555 ΣΑΝ ΑΣΤΑΘΟΥΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗ 307
7.13.1. Αύξηση του ρυθμού λειτουργίας 311
7.14. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ 555 ΣΑΝ ΑΣΤΑΘΟΥΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗ 313
7.14.1. Ταλαντωτής μεταβλητού ρυθμού λειτουργίας 314
7.14.2. Δημιουργία σημάτων PWM 316
7.15. ΕΠΑΝΑΣΚΑΝΔΑΛΙΖΟΜΕΝΟΣ ΚΑΙ ΜΗ - ΕΠΑΝΑΣΚΑΝΔΑΛΙ-ΖΟΜΕΝΟΣ ΜΟΝΟΣΤΑΘΗΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ 318
7.16. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ 555 319
7.16.1. Ακολουθιακός χρονιστής 319
7.16.2. Διαιρέτης συχνότητας 322
7.17. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΧΡΟΝΟΑΠΑΡΙΘΜΗΤΕΣ 324
7.17.1. Εισαγωγή 324
7.17.2. Περιγραφή του XR-2240 324

7.17.3. Λειτουργία του απαριθμητή 325
7.17.4. Προγραμματισμός των εξόδων 327
7.17.5. Εφαρμογές χρονισμού 329
ΑΣΚΗΣΕΙΣ 330

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΤΑΣΗΣ-ΣΕ-ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ-ΣΕ-ΤΑΣΗ (*V/F, F/V Converters*)

8.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 335
8.2. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ (*V/FC*) 338
8.2.1. Επιλογή των στοιχείων 342
8.2.2. Διπολικοί μετατροπείς V/F 344
8.3. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΤΑΣΗ (*F/VC*) 344
8.4. ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΩΝ V/F 346
ΑΣΚΗΣΕΙΣ 348
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 349
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ 351

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός του βιβλίου αυτού είναι η εισαγωγή του αναγνώστη στο σχεδιασμό αναλογικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων με τη χρήση γραμμικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (*Linear Integrated Circuits*). Κύριος στόχος, είναι η παρουσίαση των βασικών ιδιοτήτων και εφαρμογών των κυριότερων στοιχείων της οικογένειας των γραμμικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων όπως του τελεστικού ενισχυτή, του συγκριτή τάσης, των σταθεροποιητών τάσης, των μετατροπέων αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και ψηφιακού σε αναλογικό (A/D και D/A), των χρονοκυκλωμάτων κ.λ.π. ώστε ο αναγνώστης να εξοικειωθεί με τις βασικές ιδιότητες των στοιχείων αυτών, προκειμένου να είναι σε θέση να ασχοληθεί με τον σχεδιασμό συστημάτων που συμπεριλαμβάνουν τέτοιου είδους συνιστώσες.

Είναι προφανές ότι λόγω της τεράστιας έκτασης του αντικειμένου δεν είναι δυνατόν σε αυτό το σύγγραμμα να επεκταθούμε σε μία συστηματική ανάλυση όλων των γραμμικών στοιχείων που περιγράφονται. Έτσι, δεν εμβαθύνουμε για παράδειγμα, στον εσωτερικό σχεδιασμό, στα ισοδύναμα κυκλωματικά μοντέλα και τις λεπτομέρειες κατασκευής (*fabrication*) των στοιχείων αυτών, αλλά γίνεται μία προσπάθεια εξοικείωσης του αναγνώστη με τις βασικές ιδιότητες τους.

Αρχικά στο **κεφάλαιο 1** περιγράφεται η δομή και αναλύεται με αρκετή λεπτομέρεια η λειτουργία της κάθε μιας από τις βαθμίδες, που αποτελούν ένα τελεστικό ενισχυτή όπως ο διαφορικός ενισχυτής, η πηγή σταθερού ρεύματος και η βαθμίδα εξόδου. Εξηγούνται επίσης ορισμένες βασικές έννοιες που συναντώνται στους τελεστικούς ενισχυτές όπως η έννοια του κέρδους, των τεχνικών αντιστάθμισης, του λόγου απόρριψης κοινού ρυθμού κ.λ.π.

Στο **κεφάλαιο 2** περιγράφεται ο τελεστικός ενισχυτής και οι ιδιότητές του σαν βασικό δομικό στοιχείο των γραμμικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Εξηγείται ακόμα η έννοια και η σκοπιμότητα της αναδρασης, καθώς και η επίδρασή της στις βασικές παραμέτρους του τελεστικού ενισχυτή. Δίνονται πολλές δυνατές συνδεσμολογίες και εφαρμογές του, όπως η χρήση του γενικά σαν ενισχυτή (τάσης, ρεύματος, κ.λ.π), σε αναλογικά υπολογιστικά κυκλώματα (αναλογικός αθροιστής, αφαιρέτης πολλαπλασιαστής, διαιρέτης κ.λ.π), σε κυκλώματα μετατροπής τάσης σε ρεύμα και ρεύματος σε τάση, σε ταλαντωτές, σε ενισχυτές οργανολογίας κ.λ.π.

Στο **κεφάλαιο 3**, περιγράφεται μία σημαντική ενότητα εφαρμογής των τελεστικών ενισχυτών στα ενεργά φίλτρα όλων των ειδών (χαμηλοπερατά, υψιπερατά, διέλευσης ή αποκοπής ζώνης κ.λ.π.) και περιγράφονται βασικές μέθοδοι σχεδιασμού ενεργών φίλτρων όλων των κατηγοριών.

Στο **κεφάλαιο 4**, παρουσιάζεται ο συγκριτής τάσης, περιγράφεται η λειτουργία του και οι δυνατές συνδεσμολογίες του με και χωρίς ανάδραση και δίνονται χαρακτηριστικές εφαρμογές του.

Στο **κεφάλαιο 5** περιγράφεται αρχικά η εσωτερική δομή και η λειτουργία των γραμμικών ρυθμιστών τάσης (*linear voltage regulators*), βασικών δομικών στοιχείων των τροφοδοτικών διατάξεων. Στη συνέχεια περιγράφονται οι αρχές λειτουργίας των διακοπτικών ή παλμο - τροφοδοτικών (*switching power supplies*) και δίνονται μέθοδοι σχεδιασμού και αναλυτικού υπολογισμού των στοιχείων τους.

Στο **κεφάλαιο 6**, δίνονται οι βασικές έννοιες και οι αρχές λειτουργίας των μετατροπέων αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά (*ADC*) και ψηφιακών σημάτων σε αναλογικά (*DAC*). Περιγράφονται οι γενικές αρχές της δειγματοληψίας, του κβαντισμού και της κωδικοποίησης και περιγράφονται ηλεκτρονικά κυκλώματα δειγματοληψίας και συγκράτησης, καθώς και οι ηλεκτρονικοί διακόπτες. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι επικρατέστερες και πλέον αντιπροσωπευτικές μέθοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και αντιστρόφως.

Στο **κεφάλαιο 7** περιγράφονται οι μονοσταθείς και ασταθείς ταλαντωτές με τη χρήση διακριτών στοιχείων, με συνδυασμό λογικών πυλών και παθητικών στοιχείων και με τη χρήση γραμμικών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και δίνονται βασικές αρχές λειτουργίας και εφαρμογές διαφόρων χρονοκυκλωμάτων (*timers*). Στη συνέχεια γίνεται παρουσίαση των προγραμματιζόμενων χρονοκυκλωμάτων και των διασυνδέσεων τους ως μονοσταθείς και ασταθείς ταλαντωτές και τέλος,

Στο **κεφάλαιο 8** περιγράφονται οι μετατροπείς τάσης-σε-συχνότητα (*V/FC*) και συχνότητας-σε-τάση (*F/VC*). Εξηγούνται διάφορες έννοιες που σχετίζονται με τους παραπάνω μετατροπείς όπως οι έννοιες μονοπολικοί και διπολικοί μετατροπείς και η έννοια της γραμμικότητας και μη-γραμμικότητας καθώς και η διαδικασία επιλογής των στοιχείων τους κατά τη δαδικασία σχεδιασμού τους.

Το βιβλίο αυτό είναι η τέταρτη ($4^{η}$) βελτιωμένη έκδοση και απευθύνεται σε προπτυχιακούς φοιτητές της επιστήμης του Ηλεκτρολόγου Μηχανικού & Μηχανικού Υπολογιστών και συναφών ειδικοτήτων, που έχουν μία βασική υποδομή σε γνώσεις Ηλεκτρονικών Κυκλωμάτων και Ανάλυσης Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων.

Ευχαριστώ τους φοιτητές όλων των ετών που έχουν διδαχθεί το μάθημα αυτό, καθώς και όλους όσους με οποιονδήποτε τρόπο συνέβαλαν, με τη βοήθεια και τις παρατηρήσεις των οποίων βελτιώθηκε και οργανώθηκε η ύλη

του βιβλίου αυτού και εξελίχθηκε από την αρχική μορφή των σημειώσεων που βρισκόταν, την πρώτη φορά που εκδόθηκε το έτος 2003.

Ξάνθη 2016

Ι. Ν. ΛΥΓΟΥΡΑΣ

Καθηγητής Δ.Π.Θ.