

ΦΩΤΟΥΛΑΣ ΜΑΓΓΑΝΑ
ΗΛΕΚ/ΓΟΣ - ΗΛΕΚ/ΚΟΣ Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Καθηγήτρια ΤΕΙ Αθήνας

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ II & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΙΩΝ"

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ II
&
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

621.381 S
ΜΑΓ

ΦΩΤΟΥΛΑΣ ΜΑΓΓΑΝΑ
Ηλεκ/γος - Ηλεκ/κος Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Καθηγήτρια ΤΕΙ Αθήνας

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
αρ. ειδ. 11699

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ II & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- ΕΚΔΟΣΕΙΣ «ΙΩΝ» -
ΣΤΕΛΛΑΠΑΡΙΚΟΥ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Συμπληγάδων 7, 12131 Περιστέρι
τηλ: (01) 57.47.729, 57.42.686, FAX: (01) 57.51.438

Κάθε γνήσιο αντίτυπο έχει τη σφραγίδα του εκδότη και την υπογραφή του συγγραφέα



Επιμέλεια έκδοσης: Γιώργος Παρίκος

© 1993: - Εκδόσεις "ΙΩΝ" Στέλλα Παρίκου & ΣΙΑ Ο.Ε.
- Φ. Μαγγανά

ISBN 960 - 405 - 449 - X

Απαγορεύεται η ανατύπωση, η μετάφραση, η αντιγραφή μερική ή ολική (φωτοτύπηση, φωτογράφιση, ο τρόπος έκθεσης της περιεχόμενης ύλης), η παρουσίαση και η προβολή του απο οποιοδήποτε οπτικοακουστικό μέσον, χωρίς την έγγραφη άδεια εκδότη και συγγραφέα.

Στη Λένα και στο Χρήστο

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό έχει γραφτεί για ένα μάθημα σχετικό με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα του τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ. Για την κατανόηση της όλης ύλης του προαπαιτούνται γνώσεις ηλεκτρικών κυκλωμάτων καθώς και βασικά ηλεκτρονικά.

Η οργάνωση της ύλης γίνεται σε 12 κεφάλαια και τέσσερα παραρτήματα.

Το κεφάλαιο 1 ασχολείται με την μετατροπή AC σε DC.

Το κεφάλαιο 2 αναφέρεται στον πολλαπλασιασμό τάσης.

Το κεφάλαιο 3 ασχολείται με τη σταθεροποίηση τάσης με Zener.

Το κεφάλαιο 4 αναφέρεται στις διατάξεις σταθεροποίησης (σταθεροποιητής τάσης σειράς - παράλληλα). Επίσης στο τέταρτο κεφάλαιο εξετάζονται και οι σταθεροποιητές τριών ακροδεκτών.

Στο κεφάλαιο 5 εξετάζονται οι ενισχυτές ισχύος (Push- Pull).

Το κεφάλαιο 6 ασχολείται με τους διαφορικούς ενισχυτές.

Το κεφάλαιο 7 αναφέρεται λεπτομερέστατα στην ανάδραση.

Στο κεφάλαιο 8 εξετάζονται οι τελεστικοί ενισχυτές.

Τα κεφάλαια 9, 10, 11 και 12 ασχολούνται με εφαρμογές των τελεστικών ενισχυτών.

Το παράρτημα Α αναφέρεται στο ισοδύναμο του BJT για ασθενές σήμα.

Το παράρτημα Β αναφέρεται στο πρότυπο χαμηλής και υψηλής συχνότητας ασθενούς σήματος του FET.

Το παράρτημα Γ ασχολείται με τον υπολογισμό σταθεροποίησης με Zener.

Το παράρτημα Δ αναφέρεται στους σταθεροποιητές τάσης τριών ακροδεκτών.

Στο τέλος κάθε κεφαλαίου υπάρχουν ένα ή δυο πειράματα (συνολικά είναι 17 πειράματα). Στην αρχή του πειράματος υπάρχει μια συνοπτική θεωρία του αντίστοιχου κεφαλαίου, στη συνέχεια η πορεία εργασίας του πειράματος και στο τέλος ερωτήσεις, παρατηρήσεις και συμπεράσματα.

Βασικός στόχος της διεξαγωγής του πειράματος είναι η εμπέδωση των θεωρητικών γνώσεων του κεφαλαίου που προηγείται. Επίσης η πραγματοποίηση (διεξαγωγή) του πειράματος συντελεί στη καλή γνωριμία με τα βασικά τουλάχιστον από τόσα πολλά σε αριθμό και ποικιλία ηλεκτρονικά, όργανα, που η σωστή χρήση αυξάνει την τεχνική πείρα του σπουδαστή.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον εκδοτικό οίκο "ΙΩΝ" για την επιμελημένη έκδοση.

Φ. ΜΑΓΓΑΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ AC/DC	15
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ	15
1.2 ΑΝΟΡΘΩΤΕΣ	16
1.3 ΔΙΠΛΗ ΑΝΟΡΘΩΣΗ Ή ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	18
1.4. ΦΙΛΤΡΑ ΠΥΚΝΩΤΩΝ	19
1.5 ΚΥΚΛΩΜΑ ΔΙΠΛΗΣ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ	22
1.6 ΦΙΛΤΡΟ ΕΙΣΟΔΟΥ ΜΕ ΠΥΚΝΩΤΗ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΟ ΕΙΣΟΔΟΥ ΜΕ ΑΠΟΠΝΙΚΤΙΚΟ ΠΗΝΙΟ	23
ΠΕΙΡΑΜΑ	27
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	27

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΤΑΣΗΣ	35
2.1 ΔΙΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ ΠΛΗΡΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	35
2.2 ΔΙΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ	36
2.3 ΤΡΙΠΛΑΣΙΑΣΤΗΣ ΤΑΣΗΣ	37
ΠΕΙΡΑΜΑ	40
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ZENER	45
3.1 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕ ZENER	45
3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	47
3.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ZENER	48
3-4 ZENER ΙΣΧΥΟΣ	50
ΠΕΙΡΑΜΑ	53

ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ	59
4.1 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ	59
4.2 ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ	59
4.3 ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΕΙΡΑΣ	60
4.4 ΔΙΟΔΟΣ ZENER ΚΑΙ ΑΚΟΛΟΥΘΟΣ ΕΚΠΟΜΠΟΥ	63
4-5 ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	64
ΠΕΙΡΑΜΑ	67
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	68
ΠΕΙΡΑΜΑ	73
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΙΣΧΥΟΣ	
PUSH - PULL	77
5.1 ΤΑΞΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	77
5.2 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ PUSH-PULL ΤΑΞΗΣ Β	79
5.3 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΙΣΧΥΟΣ - ΑΠΟΔΟΣΗ	83
5.4 ΠΟΛΩΣΗ ΜΕ ΔΙΑΙΡΕΤΗ ΤΑΣΗΣ	85
5.5 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ PUSH-PULL ΤΑΞΗΣ Β ΜΕ ΣΥΖΕΥΣΗ RC	86
5.6 ΣΥΝΔΕΣΗ ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗ	87
5.7 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΤΑΞΗΣ C	88
ΠΕΙΡΑΜΑ	93
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ	97
6-1 ΓΕΝΙΚΑ	97
6-2 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΟΙΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΛΟΓΟΣ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ	97
6.3 ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΖΕΥΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΟΥ	98
6.4 ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	100
6.5 ΚΟΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	101

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

11

6-6 ΕΞΟΔΟΣ ΓΙΑ ΤΥΧΑΙΑ ΣΗΜΑΤΑ	102
6.7 ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ FET	103
6-8 ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.....	104
ΠΕΙΡΑΜΑ.....	112
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	112
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	
ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΑΝΑΔΡΑΣΗΣ	119
7-1 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ.....	119
7.2 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΔΡΑΣΗΣ.....	121
7-3 ΚΕΡΔΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕ ΑΝΑΔΡΑΣΗ.....	124
7.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΟΥ	126
7.5 ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΟΥ.....	128
7.6 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ ΑΡΝΗ- ΤΙΚΗΣ ΑΝΑΔΡΑΣΗΣ	130
7.7 ΜΕΙΩΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	132
7.8 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΑΝΑΔΡΑΣΗΣ	132
7.9 ΑΚΟΛΟΥΘΟΣ ΕΚΠΟΜΠΟΥ (Ανάδραση τάσης - σειράς)	134
7.10 ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ - ΣΕΙΡΑΣ.....	135
7.11 ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΤΑΣΗΣ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ	137
7.12 ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ - ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ.....	138
ΠΕΙΡΑΜΑ.....	141
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	141
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	
ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ.....	145
8.1 ΒΑΣΙΚΟΣ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ.....	145
8.2 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΤΕ.....	146
8-3 ΑΝΑΣΤΡΕΦΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΑΙ ΜΗ ΑΝΑΣΤΡΕΦΩΝ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ	149
8.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ OP-AMP.....	152
8.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΟΥΣ ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΥΣ ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ.....	159
8.6 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ	163

8.7 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΤΕΛΕΣΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ	171
ΠΕΙΡΑΜΑ:	176
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	176
ΠΕΙΡΑΜΑ	182
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	182
ΠΕΙΡΑΜΑ:	187
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	187
ΒΑΣΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΗ	191
ΠΕΙΡΑΜΑ	193
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	193
ΠΕΙΡΑΜΑ	195
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	195
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	
ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΑΙ ΑΡΝΗΤΙΚΗ	
ΑΝΑΔΡΑΣΗ	199
9.1 ΜΗ ΑΝΑΣΤΡΕΦΟΥΣΑ ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΤΑΣΗΣ	199
9.2 ΑΝΑΣΤΡΕΦΟΥΣΑ ΑΝΑΔΡΑΣΗ ΤΑΣΗΣ	201
9.3 ΖΩΝΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ	203
ΠΕΙΡΑΜΑ	207
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	207
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10	
ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ AC/DC ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	211
10.1 ΚΥΚΛΩΜΑ ΗΜΙΑΝΟΡΘΩΣΗΣ	211
10.2 ΚΥΚΛΩΜΑ ΠΛΗΡΟΥΣ ΗΜΙΑΝΟΡΘΩΣΗΣ	212
10.3 ΕΝΕΡΓΟΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ	214
10.4 ΕΝΕΡΓΟΣ ΘΕΤΙΚΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΗΣ	214
10.5 ΕΝΕΡΓΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΘΕΤΙΚΗΣ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗΣ	
(ACTIVE CLAMPER)	215
ΠΕΙΡΑΜΑ	216
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	216

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ	219
11.1 ΒΑΣΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΥΓΚΡΙΤΗ	219
11.2 ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΚΑΤΩΦΛΙΟΥ	220
ΠΕΙΡΑΜΑ	222
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	222

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

ΣΥΓΚΡΙΤΗΣ ΜΕ ΘΕΤΙΚΗ ΑΝΑΔΡΑΣΗ

(Schmitt trigger)	227
12.1 ΒΑΣΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ	227
12-2 ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΩΦΛΙΩΝ	228
12.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	229
ΠΕΙΡΑΜΑ	235
ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	235

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

239

Α.1 ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΤΟΥ ΒJT ΓΙΑ ΑΣΘΕΝΕΣ ΣΗΜΑ

(Ισοδύναμο κύκλωμα)

239

Α.2 ΜΟΝΤΕΛΟ ΓΙΑ ΧΑΜΗΛΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

240

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

243

Β.1 ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΣΘΕΝΟΥΣ -ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ FET

243

Β.2 ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΟΥ FET

245

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

247

Γ-1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ZENER

247

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ

ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΤΕΣ ΤΑΣΗΣ ΤΡΙΩΝ

ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ

249

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

255

ISBN 960 - 405 - 448 - 1

- ΕΚΔΟΣΕΙΣ «ΙΩΝ» -
ΣΤΕΛΛΑ ΠΑΡΙΚΟΥ & ΣΙΑ Ο.Ε.

Συμπληγάδων 7, 12131 Περίστερι τηλ: (01) 57.47.729, FAX: (01) 57.51.438