

ΦΩΤΟΥΛΑ ΜΑΓΓΑΝΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΣ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ Ε.Μ.Π.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

I

& ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΔΕΥΤΕΡΗ ΕΚΔΟΣΗ
ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΗ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΙΩΝ"

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ Ι
&
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Αρ. εισ. 76646

ΦΩΤΟΥΛΑ ΜΑΓΓΑΝΑ

**Ηλεκ/γος - Ηλεκ/κός Μηχανικός Ε.Μ.Π.
Καθηγήτρια Τ.Ε.Ι. Αθήνας**

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ Ι & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

**2η Έκδοση
Βελτιωμένη**

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΜΙΛΟΣ "ΙΩΝ"

– ΕΚΔΟΣΕΙΣ "ΙΩΝ" –

Συμπληγάδων 7, 12131 Περιστέρι

τηλ:(01) 57.71.908, 57.68.853, 57.42.686, 57.47.729

FAX:(01) 57.51.438, e-mail address: ion_publ@hol.gr

<http://www.iwn.gr>

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



*Επεξεργασία Κειμένων και Σχεδίων:
Ατελιέ Γραφικών Εκδοτικού Ομίλου "ΙΩΝ"*

© 2001: - Εκδόσεις "ΙΩΝ" Στέλλα Παρίκου & ΣΙΑ Ο.Ε.

ISBN 960-411-132-9

Ο εκδοτικός οίκος έχει όλα τα δικαιώματα του βιβλίου. Απαγορεύεται η αναπαραγωγή του οποιουδήποτε τμήματος αυτής της εργασίας που καλύπτεται από τα δικαιώματα (copyright), ή η χρήση της σε οποιαδήποτε μορφή, ή με οποιονδήποτε τρόπο - γραφικό ή ηλεκτρονικό, ή μηχανικό, συμπεριλαμβανομένων των φωτοτυπιών, της μαγνητοφώνησης και των συστημάτων αποθήκευσης και αναπαραγωγής - χωρίς τη γραπτή άδεια του εκδότη.



Ο λογότυπος που εικονίζεται δίπλα χρειάζεται μια εξήγηση. Σκοπός του είναι να συνεγείρει τον αναγνώστη πάνω στον κίνδυνο που παρουσιάζεται για το μέλλον της συγγραφής, ειδικότερα στο περιβάλλον των Τεχνικών και Επιστημονικών Εκδόσεων από τη μαζική ανάπτυξη της φωτοαντιγραφής.

Ο Κώδικας των πνευματικών δικαιωμάτων (νόμοι 2121/93 και 2557/97) απαγορεύει την φωτοαντιγραφή χωρίς την άδεια των εχόντων τα δικαιώματα του βιβλίου.

Άρα αυτή η πρακτική η οποία είναι γενικευμένη σε Εκπαιδευτικά Ιδρύματα προκαλεί μια απότομη πτώση της αγοράς των βιβλίων και των περιοδικών σε σημείο που και για τους συγγραφείς η δυνατότητα δημιουργίας νέων έργων και εκδόσεών τους βρίσκεται σήμερα σε κίνδυνο.

Υπενθυμίζουμε ότι κάθε αναπαραγωγή της παρούσης έκδοσης μερική ή ολική απαγορεύεται χωρίς την άδεια των δημιουργών της.

Στους γονείς μου,

Στο Χρήστο και στη Λένα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό γράφτηκε για να καλύψει τις απαιτήσεις του μαθήματος της Ηλεκτρονικής. Κατά τη συγγραφή έγινε προσπάθεια για λεπτομερή εξήγηση όλων των εννοιών και μεθόδων για την μελέτη ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

Η οργάνωση της ύλης γίνεται σε 10 κεφάλαια και δυο παραρτήματα.

Το κεφάλαιο 1 ασχολείται με τους ενισχυτές BJT. Στο κεφάλαιο 2 εξετάζεται η πόλωση και η θερμική σταθεροποίηση του τρανζίστορ BJT.

Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στα Darlington.

Το κεφάλαιο 4 αναφέρεται στη συνδεσμολογία Bootstrap.

Το κεφάλαιο 5 αναφέρεται στους ενισχυτές.

Το κεφάλαιο 6 ασχολείται με τη χάραξη της καμπύλης απόκρισης.

Στο κεφάλαιο 7 εξετάζονται τα FET και MOSFET.

Στο κεφάλαιο 8 εξετάζεται ο ενισχυτής Cascode.

Το κεφάλαιο 9 ασχολείται με τις πηγές ρεύματος και το κεφάλαιο 10 έχει αρκετά παραδείγματα ηλεκτρονικών κυκλωμάτων με τις λύσεις τους.

Το κεφάλαιο 11 ασχολείται με τη μελέτη ηλεκτρονικών κυκλωμάτων με το λογισμικό πακέτο E.W.B.

Το παράρτημα Α αναφέρεται σε μετρήσεις που γίνονται στο εργαστήριο.

Το παράρτημα Β έχει συγκεντρωτικούς πίνακες των ενισχυτών BJT και FET.

Στο τέλος κάθε κεφαλαίου υπάρχουν ένα ή δυο πειράματα (συνολικά 17). 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.

Η οργάνωση της ύλης έχει σα στόχο την κατανόηση, σχεδίαση και λειτουργία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Ο τρόπος γραφής, τα παραδείγματα και τα πειράματα βοηθούν σημαντικά αυτό το σκοπό. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τον εκδοτικό οίκο "ΙΩΝ" για την επιμελημένη έκδοση.

Φ. ΜΑΓΓΑΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΜΕ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ	13
1-1 ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΔΙΠΟΛΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	13
1-2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΔΙΠΟΛΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ	13
1-3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ	15
1-4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ	16
1-5 ΤΟ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΣΤΙΣ ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	17
1-6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΜΕ ΧΡΗΣΗ h ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	19
1-7 ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ	22
1-8 ΠΟΛΩΣΗ ΤΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ	23
1-9 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΟΙΝΟΥ ΕΚΠΟΜΠΟΥ	28
1-10 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΒΑΣΗΣ.....	34
1-11 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΟΙΝΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	35
1-12 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ	38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΟΛΩΣΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ	63
2-1 ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΟΛΩΣΗΣ.....	63
2-2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	70
2-3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	70
2-4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ.....	71
2-5 ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ ΠΟΛΩΣΗΣ.....	75

2-6	ΠΟΛΩΣΗ ΣΕ ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΩΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ.....	77
-----	---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

DARLINGTON	89
3-1 ΓΕΝΙΚΑ.....	89
3-2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	90
3-3 ΑΚΟΛΟΥΘΟΣ ΕΚΠΟΜΠΟΥ ΤΥΠΟΥ DARLINGTON	92
3-4 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ DARLINGTON ΜΕ ΔΥΟ TRANZISTOP	95
3-5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

BOOTSTRAP.....	107
4-1 ΑΚΟΛΟΥΘΟΣ ΕΚΠΟΜΠΟΥ ΜΕ BOOTSTRAP	107
4-2 ΘΕΩΡΗΜΑ MILLER.....	109
4-3 DARLINGTON ΜΕ ΔΙΠΛΟ BOOTSTRAPP	110

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ RC	119
5-1 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ	119
5-2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ BODE	122
5-3 ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΝΙΣΧΥΤΗ.....	123
5-4 ΖΩΝΗ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ.....	124
5-5 TRANZISTOP ΣΤΙΣ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	125
5-6 ΚΕΡΔΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΕΩΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ CE	126
5-7 ΚΕΡΔΟΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΩΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ	128
5-8 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ RC ΜΙΑΣ ΒΑΘΜΙΔΑΣ.....	129
5-9 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ RC ΔΥΟ ΒΑΘΜΙΔΩΝ	133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΚΟΙΝΟΥ ΕΚΠΟΜΠΟΥ.....	143
6-1 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΣΤΙΣ ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	143
6-2 ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΚΟΙΝΟΥ ΕΚΠΟΜΠΟΥ	149

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΕΓΚΑΡΣΙΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	163
7-1 ΣΥΜΒΟΛΑ ΤΩΝ FET	164
7-2 FET ΕΠΑΦΗΣ.....	166
7-3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ JFETs -ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΤΑΣΗΣ - ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ JFET.....	166
7-4 ΠΡΟΤΥΠΟ ΑΣΘΕΝΟΥΣ -ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ FET	170
7-5 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ FET	179
7-6 ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΕΝΙΣΧΥΤΗ FET.....	183
7-7 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ FET.....	188
7-8 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	189
7-9 FET ΜΟΝΩΜΕΝΗΣ ΠΥΛΗΣ	205
7-10 ΠΟΛΩΣΗ ΤΩΝ MOSFET	208
7-11 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΜΕ DEPLETION MOSFET (common source).....	209
7-12 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ MOSFET (ENHANCEMENT)	212

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ CASCODE.....	219
----------------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΠΗΓΕΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	227
9-1 ΓΕΝΙΚΑ	227
9-2 ΠΗΓΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ JFET.....	227
9-3 ΠΗΓΗ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΚΑΙ ZENER.....	229
9-4 ΚΥΚΛΩΜΑ ΚΑΘΡΕΦΤΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	230
9-5 ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΗΓΩΝ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	233

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	241
--------------------	-----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΟ ELECTRONICS WORKBENCH	265
11-1 ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΠΗΓΗΣ	265

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	279
A-1 ΧΑΡΑΞΗ ΤΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ	279

A-2	ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΕΞΟΔΟΥ.....	281
A-3	ΚΕΡΔΟΣ ΙΣΧΥΟΣ.....	283
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β		285
B-1	ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΟΙΝΟΥ ΕΚΠΟΜΠΟΥ ΧΩΡΙΣ ΠΥΚΝΩΤΗ CE.....	285
B-2	ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΒΑΣΗΣ.....	287
B-3	ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΚΟΙΝΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ.....	288
B-4	ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ FET ΣΕ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΙΝΗΣ ΠΗΓΗΣ (CS)	289
B-5	ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΙΝΗΣ ΕΚΡΟΗΣ (CD).....	290
B-6	ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΙΝΗΣ ΠΥΛΗΣ (CG)	291
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		293

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ

1. Γενικά Ηλεκτρονικά, Eurora, ΕΤΕ
2. Εφαρμοσμένα Ηλεκτρονικά, Eurora, ΕΤΕ
3. Ραδιοφωνία, Eurora, ΕΤΕ
4. Τηλεόραση, Eurora, ΕΤΕ
5. Τηλεφωνία, Eurora, ΕΤΕ
6. Τεχνολογία Επικοινωνιών, Eurora, ΕΤΕ
7. Τεχνολογία Πληροφορικής, Eurora, ΕΤΕ
8. Επαγγελματικοί Υπολογισμοί Ηλεκτρονικού, Eurora, ΕΤΕ
9. Τεχνολογία Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων, Χ. Παπακωνσταντίνου
10. Ηλεκτρονικά Όργανα και Μετρήσεις, Σ. Πακτίτη
11. Ηλεκτρονικές Διατάξεις και Μέθοδοι Ανίχνευσης Βλαβών, Perozzo
12. Τεχνολογία ISDN, Eurora, ΕΤΕ
13. Τηλεπικοινωνίες, Eurora, ΕΤΕ
14. Θεωρία Κυκλωμάτων, Σ. Πακτίτη - Δ. Νίνου
15. Κυκλώματα Συνεχούς και Εναλλασσόμενου Ρεύματος, Meade - Πακτίτη
16. Αναλογικά Ηλεκτρονικά, Meade - Πακτίτη
17. CAD, Σχεδιασμός - Σχεδίαση με Η/Υ, Eurora, ΕΤΕ
18. Σχεδίαση Ηλεκτρονικών Κυκλωμάτων με ORCAD, Μ. Μακρυθανάση
19. Επισκευές Τυπωμένων Κυκλωμάτων, Smith
20. Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά Ισχύος, Humphries
21. Ηλεκτρολογία, Eurora, ΕΤΕ
22. Αντζέντα Ηλεκτρονικού, Eurora, ΕΤΕ
23. Ηλεκτρονικά Συστήματα Επικοινωνιών, Dungan
24. Μελέτη Κυκλωμάτων Αναλογικών και Ψηφιακών με Workbench, Φ. Μαγγανά
25. Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου με MATLAB, Djaferis
26. Η Πρακτική της Επισκευής Βίντεο (VCR), Roman
27. Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Μερτίκα Σ.
28. Σχεδίαση Ψηφιακών Συστημάτων, Πογαρίδη Δ.
29. Μικροϋπολογιστές - Μικροελεγκτές, Πογαρίδη Δ.
30. Ψηφιακά Ηλεκτρονικά, Bignell - Donovan
31. Ψηφιακά Κυκλώματα, Λυριωτάκη Α.
32. Μουσική Ακουστική Τεχνολογία, Eargle
33. Κεραίες - Σχεδιασμός και Ανάλυση, Balanis
34. Ηλεκτρονικά Κυκλώματα και Εφαρμογές, Φ. Μαγγανά
35. Ταλαντωτές, Σ. Πακτίτη
36. Συστήματα Αυτομάτου Ελέγχου, Πακτίτη Σ.
37. Εγχειρίδιο Οπτικών Ινών, Hayes

ΕΚΔΟΤΙΚΟΣ ΟΜΙΛΟΣ "ΙΩΝ"

ISBN:960-411-132-9



9 789604 111329