

## Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ

	Σελίδα
1.1. Εισαγωγή	1
1.2. Ηλεκτρομαγνητικές εξισώσεις	1
1.3. Συνοριακές συνθήκες	5
1.4. Λύση των εξισώσεων του Maxwell	9
1.5. Μέθοδος χωρισμού των μεταβλητών	10
1.6. Ακτινική περιγραφή της διάδοσης	12
Ασκήσεις	15
Βιβλιογραφία	16

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

#### ΟΔΗΓΟΥΜΕΝΑ ΚΥΜΑΤΑ

2.1. Εισαγωγή	18
2.2. Ρυθμοί κυματοδότησης	20
2.3. Κυματοδηγός δύο παράλληλων αγωγίμων επιπέδων	21
2.3.1. Κυματική περιγραφή	21
2.3.2. Πεδία και χαρακτηριστικά των ρυθμών TE και TM	26
2.3.3. Ρυθμός TEM	28
2.3.4. Ακτινική περιγραφή	29
2.3.4. Απώλειες κυματοδότησης	34
Βιβλιογραφία	39

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

#### ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

	Σελίδα
3.1. Το κύμα TEM	40
3.2. Ρυθμός TEM σε κυματοδηγούς τυχαίας διατομής	41
3.3. Γραμμές μεταφοράς δύο αγωγών	45
3.4. Διαφορική εξίσωση ομοιόμορφης γραμμής μεταφοράς	50
3.5. Λύση της τηλεγραφικής εξίσωσης για αρμονικά σήματα	53
3.6. Μεταβολή του πλάτους τάσης και έντασης	55
3.7. Προσαρμογή	57
3.8. Ποιότητα μετάδοσης του σήματος	58
3.9. Γραμμή με αντίσταση τέρματος $Z_T \neq Z_0$	59
3.10. Συντελεστής ανάκλασης	60
3.11. Λόγος στασίμων κυμάτων	63
3.12. Πειραματικός προσδιορισμός των σταθερών στις γραμμές μεταφοράς	64
3.13. Σύνδεση γραμμών μεταφοράς	65
3.14. Προσαρμογή με μετασχηματιστή	67
3.15. Άλλοι τρόποι προσαρμογής	69
3.16. Χαρακτηριστική αντίσταση γραμμών με βάση τη γεωμετρία	73
3.17. Γραμμές με $R \ll \omega L$ και $G \ll \omega C$	75
3.18. Γραμμές τηλεφωνίας με $R \gg \omega C$ και $G \ll \omega C$	76
3.19. Μελέτη διαφωνίας υπεραστικού δικτύου	82
Ασκήσεις	86
Βιβλιογραφία	89

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

#### ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΙ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

4.1. Λύση της εξίσωσης κύματος	90
4.2. Συνθήκες αποκοπής	92
4.3. Συνοριακές συνθήκες	93
4.4. Εκφράσεις για τις συνιστώσες του πεδίου	94
4.5. Ρυθμοί TM	96

	Σελίδα
4.6. Ρυθμοί TE	97
4.7. Διέγερση - Χαρακτηριστική αντίσταση κυματοδηγού	99
4.8. Απώλειες κυματοδήγησης	101
4.9. Αντηχείο ορθογωνικού κυματοδηγού	104
Ασκήσεις	109
Βιβλιογραφία	111

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΙ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

5.1. Λύση της εξίσωσης κύματος	112
5.2. Συνοριακές συνθήκες	115
5.3. Συνιστώσες του πεδίου σε κυλινδρικές συντεταγμένες	115
5.4. Ρυθμοί TM	116
5.5. Ρυθμοί TE	117
5.6. Διέγερση - Χαρακτηριστική αντίσταση και απόσβεση	119
5.7. Πόλωση	122
5.8. Ρυθμοί TEM (TE+TM) σε κυλινδρικές συντεταγμένες	123
5.9. Ρυθμοί σε ομοαξονικούς κυματοδηγούς	124
5.10. Αντηχείο κυματοδηγού κυκλικής διατομής	128
Ασκήσεις	131
Βιβλιογραφία	133

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΙ

6.1. Εισαγωγή	134
6.2. Κυματοδηγοί διηλεκτρικού στρώματος - Ακτινική περιγραφή	136
6.3. Κυματοδηγοί διηλεκτρικού στρώματος - Πεδιακή περιγραφή	141
6.4. Διηλεκτρικό στρώμα - Εξίσωση ιδιοτιμών	144
6.5. Διηλεκτρική λωρίδα - TM ρυθμός	151
6.6. Λωρίδες διαβαθμισμένου δείκτη	151
6.7. Ομοιόμορφη οπτική ίνα	157

	Σελίδα
6.8. Ανομοιόμορφη κυκλική ίνα	169
Ασκήσεις	173
Βιβλιογραφία	174

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΔΙΑΔΟΣΗ ΣΕ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΥΣ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

7.1. Διηλεκτρικά και μαγνητικά υλικά	175
7.2. Μαγνητικά υλικά	176
7.3. Απλή εξίσωση κίνησης ηλεκτρονίου σε φερίττες	177
7.4. Εξίσωση μαγνήτισης	179
7.5. Τανυστής μαγνητικής επιδεκτικότητας	180
7.6. Δράση επίπεδου κύματος σε φερίττη	182
7.7. Στροφή Faraday	184
7.8. Διατάξεις εκμεταλλευόμενες τη στροφή Faraday	185
7.8.1. Γύρατρον	185
7.8.2. Απομονωτής	187
7.8.3. Κυκλοφορητής	188
7.9. Φίλτρο YIG	192
7.10. Ανάμιξη δύο υλικών με διαφορετικά $\epsilon$ και $\mu$	196
7.11. Κυματοδηγηση σε ορθογωνικό κυματοδηγό που περιέχει στο εσωτερικό του λωρίδα υλικού $\epsilon$ , $\mu$ .	198
Ασκήσεις	201
Βιβλιογραφία	202

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΜΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΙ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΙ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΟΙ ΜΕ ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ

8.1. Διάδοση σε κυκλικό τμήμα ορθογώνιου κυματοδηγού	203
8.2. Διάδοση σε ορθογωνικό κυματοδηγό με ελικοειδή συστροφή	205
8.3. Κυλινδρικοί στυλίσκοι σε ορθογωνικούς κυματοδηγούς (επαγωγική συμπεριφορά)	207
8.4. Κυλινδρικοί στυλίσκοι σε ορθογωνικούς κυματοδηγούς (χωρητική συμπεριφορά)	211

	Σελίδα
8.5. Στυλίσκοι μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων	212
8.6. Πρόμπες σε κυματοδηγούς	214
Βιβλιογραφία	217

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ ΣΤΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

9.1. Εισαγωγή	218
9.2. Αντιστοιχία ηλεκτρικού τετραπόλου και τετραπόλου μικροκυμάτων	220
9.3. Παράμετροι S, ισχύς και απόδοση μικροκυματικού κυκλώματος	222
9.4. Παράμετροι S σε διάφορα κυκλώματα	223
9.5. Διαγράμματα ροής των S παραμέτρων	226
9.6. Εφαρμογή των S παραμέτρων σε πρακτικές εφαρμογές	229
Ασκήσεις	234
Βιβλιογραφία	236

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

### ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΟΔΗΓΗΣΗΣ

10.1. Μεταλλικοί κυματοδηγοί	237
10.2. Οπτικές ίνες	242
10.3. Συμπληρωματικά στοιχεία κυκλωμάτων κυματοδότησης	245
10.4. Διέγερση	252
10.5. Αντηχεία	254
10.6. Φίλτρα	260
10.7. Φίλτρα μεσοπερατά	262
10.8. Φίλτρα με διηλεκτρικούς στυλίσκους	265
Ασκήσεις	269
Βιβλιογραφία	271

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

### ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΛΥΧΝΙΕΣ

	Σελίδα
11.1. Εισαγωγή	272
11.2. Όρια λειτουργίας των κοινών λυχνιών	273
11.3. Λυχνία Κλύστρον (Ενισχυτής)	275
11.4. Λυχνία Κλύστρον Ανάκλασης (Ταλαντωτής)	279
11.5. Λυχνία Μάγνητρον	287
11.6. Χαρακτηριστικές καμπύλες της Μάγνητρον	293
11.7. Λυχνία οδεύοντος κύματος (TWT)	298
11.8. Λυχνίες νήματος	301
Ασκήσεις	303
Βιβλιογραφία	304

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

### ΗΜΙΑΓΩΓΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

12.1. Εισαγωγή	305
12.2. Διπολικά τρανζίστορς	306
12.3. Γεωμετρία μικροκυματικών τρανζίστορς	310
12.4. Τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (FET)	314
12.5. Ταλαντωτές με φαινόμενα μεταφοράς ηλεκτρονίων	316
12.6. Ρυθμοί σε ταλαντωτές με φαινόμενα μεταφοράς ηλεκτρονίων	319
12.7. Κυκλώματα ταλάντωσης διόδου Gunn	321
12.8. Ταλαντωτές με διόδους καταϊγισμού (impatt δίοδοι)	323
Ασκήσεις	325
Βιβλιογραφία	326

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

### ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΛΟΓΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

13.1. Εισαγωγή	327
13.2. Δίοδοι PIN	328

	Σελίδα
13.3. Διακόπτες με PIN διόδους	332
13.4. Συστήματα αλλαγής φάσης με δίοδο	336
13.5. Αποσβενυτές, Διαμορφωτές και Περιοριστές με διόδους PIN	338
13.6. Λογικά κυκλώματα με διατάξεις φαινομένου Gunn	342
13.7. Λογικά κυκλώματα με CaAs MESFET	344
Ασκήσεις	346
Βιβλιογραφία	347

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

##### ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

14.1. Εισαγωγή	348
14.2. Ταινιογραμμές	349
14.3. Μικροταινίες (Microstrips)	353
14.4. Σχισμογενής γραμμή	357
14.5. Ομοεπίπεδες γραμμές	359
14.6. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα υβριδικών MICs	360
Ασκήσεις	361
Βιβλιογραφία	362

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

##### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΜΕΝΑ ΦΟΡΤΙΑ ΣΤΙΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

15.1. Εισαγωγή	363
15.2. Σχεδίαση συγκεντρωμένων αντιστάσεων και αυτεπαγωγών	363
15.3. Σχεδίαση χωρητικότητας	366
15.4. Κυκλώματα με συγκεντρωμένα φορτία	368
Ασκήσεις	370
Βιβλιογραφία	371

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 16

### ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ - ΧΑΡΤΗΣ SMITH

	Σελίδα
16.1. Εισαγωγή	372
16.2. Στοιχεία προσαρμογής κυματοδηγών	373
16.3. Αντίσταση κυματοδηγού	375
16.4. Μέτρηση της αντίστασης γραμμής σε τυχόν σημείο	379
16.5. Εύρεση της αντίστασης φορτίου	381
Ασκήσεις	383
Βιβλιογραφία	384

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 17

### ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

17.1. Εισαγωγή	385
17.2. Τα μικροκύματα στην Τηλεπικοινωνία	386
17.3. Συμπληρωματικά στοιχεία για τα τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα μικροκυμάτων	389
17.4. Παράγοντες που επηρεάζουν τις τερματικές συσκευές	390
17.5. Φίλτρα	392
17.6. Πομποδέκτες	394
17.7. Τερματικοί πομποδέκτες	395
17.8. Πομποδέκτες αναμετάδοσης	400
Βιβλιογραφία	402

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 18

### ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

18.1. Εισαγωγή	403
18.2. Βιομηχανικές μετρήσεις	404
18.3. Μετρήσεις ταχύτητας	407
18.4. Αρχές θερμικών διατάξεων των μικροκυμάτων	409
18.5. Διατάξεις θέρμανσης με μικροκύματα	410
Βιβλιογραφία	414



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 19

### ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

	Σελίδα
19.1. Εισαγωγή	415
19.2. Απόψεις για το όριο επιτρεπτής ακτινοβολίας στο ανθρώπινο σώμα στηριγμένες στις θερμικές απώλειες	416
19.3. Απόψεις για το όριο επιτρεπτής ακτινοβολίας στο ανθρώπινο σώμα στηριγμένες σε νευρολογικούς παράγοντες	418
19.4. Μελέτες βιοφαινομένων από μικροκύματα	420
19.5. Ιδιότητες του ανθρώπινου σώματος στην περιοχή Μικροκυμάτων	422
19.6. Νεότερες εξελίξεις στον τομέα των εμβιομικροκυμάτων	430
19.7. Τα μικροκύματα σαν διαγνωστικό και θεραπευτικό μέσο	431
19.8. Έρευνα που αφορά το νευρικό σύστημα	435
19.9. Επισκόπηση στις διαφορές απόψεων των βιοφαινομένων	437
19.10. Άλλες ενδιαφέρουσες έρευνες σε όλο τον κόσμο	438
19.11. Ηλεκτρομαγνητικό περιβάλλον και "θάνατος από μικροκύματα"	441
Βιβλιογραφία	443

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ

20.1. Μελέτη των χαρακτηριστικών της λυχνίας Κλύστρον ανάκλασης	445
20.2. Μέτρηση μήκους κύματος, απόσβεσης και SWVR	447
20.3. Μέτρηση διαγράμματος ακτινοβολίας κεραίας	450
20.4. Μελέτη της ταλαντώτριας Gunn	451
20.5. Μετρήσεις ισχύος	452
20.6. Μετρήσεις συντελεστή ανάκλασης με κατευθυντικούς συξεύκτες	454
20.7. Μέτρηση του ηλεκτρικού μήκους γραμμής μεταφοράς με το διανυσματικό βολτόμετρο	456
20.8. Μέτρηση μιγαδικής αντίστασης με το διανυσματικό βολτόμετρο	458
Βιβλιογραφία	464