

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΩΝ

---

1.1	Παράσταση ενός φυσικού αριθμού .....	1
1.2	Δεκαδικό σύστημα.....	1
1.3	Δυαδικό σύστημα.....	2
1.4	Οκταδικό σύστημα.....	2
1.5	Δεκαεξαδικό σύστημα.....	2
1.6	Μετατροπές από ένα σύστημα σε άλλο.....	3
1.6.1	Μετατροπές από το δεκαδικό σε άλλο σύστημα .....	3
1.6.2	Δυαδικός σε οκταδικό και το αντίστροφο .....	6
1.6.3	Δυαδικός σε δεκαεξαδικό και το αντίστροφο.....	7
1.7	Προσημασμένοι αριθμοί.....	8
1.8	Το συμπλήρωμα “ως προς ένα” ενός δυαδικού αριθμού.....	10
1.9	Το συμπλήρωμα “ως προς δύο” ενός δυαδικού αριθμού.....	11
1.10	Πρόσθεση δυαδικών αριθμών .....	12
1.11	Αφαίρεση δυαδικών αριθμών .....	12
1.11.1	Χρησιμοποιώντας το συμπλήρωμα “ως προς 1”.....	13
1.11.2	Χρησιμοποιώντας το συμπλήρωμα “ως προς 2”.....	14
1.12	Πολλαπλασιασμός δυαδικών αριθμών .....	15
1.13	Διαίρεση δυαδικών αριθμών.....	16
1.14	Μη-προσημασμένα και προσημασμένα αριθμητική .....	16
1.15	Αριθμοί κινητής υποδιαστολής.....	19

1.16 Έλεγχος σφάλματος ψηφίου ισοτιμίας .....	21
1.17 Δυναδικοί κώδικες .....	22
1.17.1 Κώδικας BCD8421 .....	22
1.17.1.1 Πρόσθεση αριθμών BCD .....	22
1.17.2 Άλλες μορφές δεκαδικών κωδίκων .....	23
1.17.3 Κώδικας Gray .....	24
1.17.4 Κώδικας Hamming .....	25
1.17.5 Κώδικας ASCII .....	25
Ερωτήσεις - ασκήσεις - προβλήματα .....	27

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΛΟΓΙΚΕΣ ΠΥΛΕΣ - ΑΛΓΕΒΡΑ BOOLE

---

2.1 Λογικές πύλες OR, AND, EXOR, NOT .....	29
2.2 Λογικές πύλες NOR, NAND, EXNOR .....	33
2.3 Θετική και αρνητική λογική .....	35
2.4 Ιδιότητες και θεωρήματα της άλγεβρας Boole .....	37
2.4.1 Σχέσεις που ισχύουν στην άλγεβρα Boole .....	38
2.5 Πίνακες αληθείας .....	40
2.6 Κανονική μορφή λογικής συνάρτησης .....	41
2.6.1 Μετασχηματισμός λογικής συνάρτησης σε κανονική μορφή .....	42
2.7 Ελαχιστοποίηση λογικών συναρτήσεων με την μέθοδο των πινάκων Karnaugh .....	45
2.8 Ελαχιστοποίηση λογικών συναρτήσεων με τη συμπληρωματική μέθοδο .....	53
2.9 Αδιάφοροι όροι .....	55
2.10 Ελαχιστοποίηση λογικών συναρτήσεων με τη μέθοδο Quine-McCluskey .....	55
Ερωτήσεις - ασκήσεις - προβλήματα .....	62

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΨΗΦΙΑΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

---

3.1	Εισαγωγή .....	65
3.2	Το τρανζίστορ διπολικής επαφής σαν λογικός αναστροφέας .....	66
3.3	Το τρανζίστορ MOSFET .....	70
3.4	Σύγκριση διπολικού τρανζίστορ και MOSFET .....	73
3.5	Χαρακτηριστικές λογικών κυκλωμάτων .....	73
3.5.1	Λογικές στάθμες .....	74
3.5.2	Καθυστέρηση διάδοσης .....	74
3.5.3	Το γινόμενο ταχύτητας και κατανάλωσης ενέργειας .....	74
3.5.4	Ανοσία στο θόρυβο .....	75
3.5.5	Περιθώριο θορύβου .....	75
3.5.6	Ικανότητα οδήγησης .....	75
3.6	Τεχνολογία λογικής τρανζίστορ τρανζίστορ (TTL) .....	75
3.6.1	TTL με έξοδο totem pole .....	75
3.6.2	TTL με έξοδο ανοικτού συλλέκτη .....	76
3.7	Υποκατηγορίες TTL .....	78
3.7.1	TTL υψηλής και χαμηλής ισχύος .....	78
3.7.2	Schottky TTL .....	78
3.7.3	Οικογένεια Schottky TTL 74S00/54S00 .....	79
3.8	Συνθήκες λειτουργίας και χαρακτηριστικά των TTL .....	79
3.9	Σημεία που πρέπει να παίρνονται υπόψη στις εργασίες με πύλες TTL .....	85
3.10	Τεχνολογία λογικής συζευγμένου εκπομπού (Emitter Coupled Logic) .....	86
3.11	Τεχνολογία ( <sup>2</sup> L) .....	87
3.12	Τεχνολογία MOS .....	88
3.12.1	Οδηγίες χειρισμού των υλικών MOS .....	93
3.12.2	Σημεία που πρέπει να παίρνονται υπόψη στις εργασίες με CMOS .....	93
3.13	Διασύνδεση μεταξύ λογικών οικογενειών .....	94
3.13.1	Διασύνδεση των TTL μεταξύ τους .....	94

3.13.2	TTL σε CMOS και CMOS σε TTL .....	94
3.13.3	TTL σε PMOS και PMOS σε TTL .....	95
3.13.4	TTL σε NMOS και NMOS σε TTL .....	95
3.13.5	TTL σε ECL και ECL σε TTL .....	95
3.13.6	TTL σε I <sup>2</sup> L και I <sup>2</sup> L σε TTL .....	96
3.14	Λογική τριών καταστάσεων .....	97
3.15	Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών .....	98
3.16	Ψηφιακά σήματα.....	98
3.17	Απαιτήσεις για τα σήματα εισόδου .....	100
3.18	Ολοκληρωμένα κυκλώματα.....	101
	Ερωτήσεις - ασκήσεις - προβλήματα .....	102

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

---

4.1	Ανάλυση και σύνθεση συνδυαστικών λογικών κυκλωμάτων.....	105
4.1.1	Λογική AND-OR και AND-NOR.....	108
4.1.2	Ισοδυναμίες πυλών .....	109
4.1.3	Ελαχιστοποίηση λογικών κυκλωμάτων με την τεχνική απαγόρευσης βρόχων.....	113
4.2	Σχεδίαση συνδυαστικών λογικών Κυκλωμάτων .....	119
4.3	Κωδικοποιητές .....	133
4.4	Αποκωδικοποιητές .....	143
4.4.1	Ο αποκωδικοποιητής ως γεννήτρια συναρτήσεων .....	151
4.4.2	Αποκωδικοποιητής BCD σε επτά τμήματα .....	154
4.5	Πολυπλέκτες .....	164
4.5.1	Ο πολυπλέκτης ως γεννήτρια συναρτήσεων .....	172
4.5.2	Επέκταση πολυπλεκτών.....	180
4.6	Αποπλέκτης.....	183
4.7	Ψηφιακοί συγκριτές μεγέθους .....	191
4.8	Γεννήτρια και ελεγκτής ισοτιμίας.....	198
4.9	Αριθμητικά κυκλώματα .....	204
4.9.1	Ημιαθροιστής-Πλήρης αθροιστής .....	204

4.9.2	Ημιαφαιρέτης-Πλήρης αφαιρέτης .....	220
4.9.3	Αφαίρεση με τη χρήση αθροιστών .....	224
4.9.4	Αθροιστής αριθμών BCD με τη χρήση παράλληλων αθροιστών .....	232
4.9.5	Μετατροπή αριθμών BCD σε δυαδικούς με τη χρήση παράλληλων αθροιστών .....	236
4.9.6	Πολλαπλασιαστής.....	241
4.9.7	Αριθμητική Λογική Μονάδα .....	251
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	258

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### FLIP-FLOP ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

---

5.1	Εισαγωγή .....	269
5.2	Καθυστέρηση διάδοσης.....	270
5.3	Δισταθή κυκλώματα (Μανταλωτές, flip-flop) .....	273
5.3.1	Set-Reset (S-R) flip-flop .....	274
5.4	Χρονιζόμενα flip-flop .....	279
5.4.1	S-R-CK flip-flop .....	279
5.4.2	D flip-flop .....	282
5.4.3	J-K flip-flop.....	288
5.4.4	Master-Slave (αφέντης-σκλάβος) flip-flop .....	291
5.4.5	T flip-flop .....	293
5.5	Πυροδότηση των flip-flop.....	299
5.6	Χρονισμός των flip-flop.....	300
5.7	Προβλήματα με τα flip-flop .....	308
5.8	Απλά λογικά ρολόγια ή γεννήτριες παλμών .....	309
5.8.1	Πολυδομητές.....	309
5.8.1.1	Μονοσταθείς πολυδομητές.....	309
5.8.1.2	Ο χρονιστής 555.....	315
5.8.2	Κρυσταλλικοί ταλαντωτές.....	320
5.9	Πυροδοτητές Schmitt.....	321
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	322

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

---

6.1	Εισαγωγή .....	329
6.2	Σύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα .....	333
6.2.1	Ανάλυση σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων .....	338
6.2.2	Σχεδίαση σύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων .....	345
6.3	Εκχώρηση καταστάσεων .....	368
6.4	Ελαχιστοποίηση καταστάσεων .....	377
6.5	Ελλειπώς καθοριζόμενα ακολουθιακά κυκλώματα .....	391
6.6	Αλγοριθμική μηχανή καταστάσεων .....	394
6.7	Ασύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα .....	396
6.7.1	Προβλήματα στα ασύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα.....	400
6.7.1.1	Κυνηγητά (Races) .....	400
6.7.1.2	Σπινθήρες (Hazards) .....	402
6.7.2	Ανάλυση ασύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων .....	412
6.7.3	Σχεδίαση ασύγχρονων ακολουθιακών κυκλωμάτων .....	414
6.7.3.1	Ακολουθιακά κυκλώματα βασικής μορφής .....	414
6.7.3.2	Ακολουθιακά κυκλώματα μορφής παλμού .....	434
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	439

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### ΜΕΤΡΗΤΕΣ-ΚΑΤΑΧΩΡΗΤΕΣ

---

7.1	Μετρητές.....	451
7.1.1	Ασύγχρονοι μετρητές ή μετρητές κυμάτωσης (Ripple Counters) .....	452
7.1.2	Προβλήματα των ασύγχρονων δυαδικών μετρητών .....	458
7.1.3	Ασύγχρονοι δυαδικοί μετρητές διαφόρων χωρητικότητων .....	460
7.1.4	Σύγχρονοι δυαδικοί μετρητές .....	462

7.1.5	Αποκωδικοποίηση μετρητών .....	500
7.2	Καταχωρητές.....	505
7.2.1	Καταχωρητές ολίσθησης .....	505
7.2.2	Καταχωρητές ολίσθησης διπλής κατεύθυνσης.....	512
7.2.3	Καταχωρητές παράλληλης εισόδου.....	514
7.3	Καταχωρητές ολίσθησης μετρητές .....	528
7.3.1	Κυκλικοί μετρητές (Ring Counters).....	528
7.3.2	Μετρητής Johnson.....	531
7.3.3	Γεννήτρια ψευδοτυχαίων παλμών με τη χρήση καταχωρητή .....	534
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	540

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8**

### **ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΔΙΑΔΡΟΜΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ**

---

8.1	Εισαγωγή .....	547
8.2	Βασική δομή του υπολογιστή.....	550
8.2.1	Μονάδα κεντρικής επεξεργασίας .....	554
8.2.1.1	Μονάδα ελέγχου .....	554
8.2.1.2	Αριθμητική μονάδα.....	557
8.3	Γλώσσα μεταφοράς καταχωρητή.....	558
8.4	Ένας απλός μικροεπεξεργαστής.....	559
8.5	Κυκλώματα Μνήμης.....	570
8.5.1	Διαδικασία λειτουργίας της μνήμης .....	571
8.5.2	Η μνήμη RAM.....	571
8.5.2.1	Η αρχιτεκτονική δομή της μνήμης RAM.....	573
8.5.2.2	Δυναμική μνήμη RAM.....	577
8.5.3	Μνήμη ROM .....	580
8.5.3.1	Λειτουργικά χαρακτηριστικά της μνήμης ROM.....	583
8.5.3.2	Εφαρμογές της ROM .....	585
8.5.4	Σπόνδυλοι μνήμης .....	586
8.5.4.1	Επέκταση μήκους λέξης και χωρητικότητας.....	586

8.5.5	Χαρτογράφηση μνήμης .....	588
8.5.6	Αποκωδικοποίηση διευθύνσεων μνήμης .....	589
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	602

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

---

9.1	Εισαγωγή .....	605
9.2	Ιεραρχική σχεδίαση .....	605
	Εφαρμογή 1η: Σύστημα ψηφοφορίας .....	606
	Εφαρμογή 2η: Έλεγχος πληρότητας χώρος παρκαρίσματος αυτοκινήτων .....	611
	Εφαρμογή 3η: Ψηφιακό ρολόι.....	614
	Εφαρμογή 4η: Αποκωδικοποιητής πληκτρολογίου .....	622
	Εφαρμογή 5η: Σύστημα αμφίπλευρης σειριακής επικοινωνίας 1 .....	629
	Εφαρμογή 6η: Σύστημα αμφίπλευρης σειριακής επικοινωνίας 2 .....	636
	Εφαρμογή 7η: Σύγχρονος αθροιστής.....	644
	Εφαρμογή 8η: Σύστημα λήψης 2 ψηφίων BCD από δεκαδικό πληκτρολόγιο και αποθήκευσης σε 2 καταχωρητές .....	647
	Εφαρμογή 9η: Γεννήτρια συχνοτήτων .....	649
	Εφαρμογή 10η: Ηλεκτρονικό ζάρι.....	651
	Εφαρμογή 11η: Έλεγχος φωτεινών σηματοδοτών .....	656
	Εφαρμογή 12η: Φανάρια αυτοκινήτου .....	663
	Εφαρμογή 13η: Μηχάνημα αυτόματης πώλησης κουτιών χυμού (vending machine).....	672
	Εφαρμογή 14η: Σύστημα αυτόματης εμφιάλωσης χαπιών.....	677
	Εφαρμογή 15η: Σχεδίαση μικροεπεξεργαστή .....	689
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	703



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10**

### **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΕΣ ΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ**

---

10.1	Εισαγωγή .....	707
10.2	Τρόποι παράστασης των προγραμματιζόμενων λογικών συσκευών.....	709
10.3	Μεθοδολογία σχεδίασης με τη χρήση προγραμματιζόμενων λογικών συσκευών.....	713
10.4	Προγράμματα σχεδίασης .....	714
10.5	Η μνήμη ROM ως προγραμματιζόμενη λογική συσκευή.....	715
10.5.1	Υλοποίηση συναρτήσεων Boole με τη χρήση PROM .....	717
10.5.2	Επέκταση της PROM .....	723
10.6	Λογική προγραμματιζόμενων παρατάξεων (Programmable Array Logic ή PAL) .....	727
10.7	Προγραμματιζόμενες στο χώρο εργασίας λογικές παρατάξεις (Field Programmable Logic Array ή FPLA).....	735
10.8	Πολύπλοκες προγραμματιζόμενες λογικές συσκευές (Complex Programmable Logic Devices ή CPLD).....	740
10.9	Προγραμματιζόμενες στο χώρο εργασίας παρατάξεις πυλών ( Field Programmable Gate Arrays ή FPGA).....	742
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	745

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11**

### **ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΚΟΣΜΟ**

---

11.1	Εισαγωγή .....	747
11.2	Ψηφιακή κωδικοποίηση αναλογικών σημάτων .....	748
11.2.1	Ποσοτοποίηση σε πλάτος και χρόνο .....	748
11.2.2	Ακρίβεια.....	752
11.3	Ψηφιακός σε αναλογικό μετατροπέας (Digital to Analog Converter ή DAC) .....	755
11.3.1	Εισαγωγή.....	755

11.3.2	Τελεστικός ενισχυτής.....	756
11.3.3	Κυκλώματα μετατροπής ψηφιακού σε αναλογικό .....	758
11.4	Αναλογικός σε ψηφιακό μετατροπέας (Analog to Digital Converter ή ADC).....	763
11.4.1	Εισαγωγή.....	763
11.4.2	Συγκριτές.....	764
11.4.3	Παράλληλος μετατροπέας ή μετατροπέας flash.....	765
11.4.4	Μετατροπέας Παραθύρου χρόνου.....	768
11.4.5	Μετατροπέας απλής αναρρίχησης .....	769
11.4.6	Μετατροπέας διπλής αναρρίχησης.....	770
11.4.7	Μετατροπέας ισορροπίας φορτίου .....	773
11.4.8	Μετατροπέας απλού μετρητή.....	773
11.4.9	Μετατροπέας ανίχνευσης .....	775
11.4.10	Μετατροπέας διαδοχικών προσεγγίσεων .....	776
11.5	Κυκλώματα κρατήματος δείγματος (Sample and Hold) .....	779
11.6	Μηχανικά ρελαί και ρελαί ημιαγωγού.....	781
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα.....	782

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

### ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ

---

12.1	Εισαγωγή .....	783
12.2	Προδιαγραφές κυκλώματος .....	783
12.3	Εισαγωγή σχεδίασης.....	785
12.3.1	Εισαγωγή Σχεδίασης διαμέσου Σχηματικού Διαγράμματος.....	786
12.3.2	Εισαγωγή Σχεδίασης σε Μορφή Κώδικα Γλώσσας VHDL .....	792
12.3.3	Εισαγωγή Σχεδίασης σε Μορφή Πίνακα Αληθείας.....	796
12.3.4	Εισαγωγή Σχεδίασης σε Μορφή Διαγραμμάτων Χρονισμού .....	799
12.4	Λειτουργική Μεταγλώττιση .....	799
12.5	Λειτουργική Προσομοίωση .....	801

12.6 Αντιστοίχιση Ακίδων με τον Επεξεργαστή Κατόψεων.....	806
12.7 Ολική Μεταγλώττιση Σχεδίασης.....	812
12.8 Φόρτωση και Έλεγχος .....	813

## **ΓΛΩΣΣΑΡΙ**

---

Γ.1 Γενικό γλωσσάρι .....	815
Γ.2 Γλωσσάρι για τη γλώσσα VHDL .....	829

## **ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ**

---

Απαντήσεις κεφαλαίου 3.....	833
Απαντήσεις κεφαλαίου 4.....	833
Απαντήσεις κεφαλαίου 5.....	848
Απαντήσεις κεφαλαίου 6.....	853
Απαντήσεις κεφαλαίου 7.....	872
Απαντήσεις κεφαλαίου 8.....	879
Απαντήσεις κεφαλαίου 9.....	880
Απαντήσεις κεφαλαίου 10.....	880
Απαντήσεις κεφαλαίου 11.....	881
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	882
ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ .....	884