

## 3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

### ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Η γνωριμία με τα βασικά χαρακτηριστικά των ψηφιακών κυκλωμάτων
- Η εξοικείωση με τα σύμβολα των λογικών κυκλωμάτων
- Να μάθετε να αναγνωρίζετε αλλά και να σχεδιάζετε βασικά ψηφιακά κυκλώματα

### 3.1 Εισαγωγή

Όλες οι λειτουργίες που ενεργοποιούνται είτε από τον προγραμματιστή είτε από τον απλό χρήστη υλοποιούνται από κατάλληλα κυκλώματα που βρίσκονται στο εσωτερικό του υπολογιστή. Αυτό σημαίνει ότι οι λειτουργίες αλλά και τα δεδομένα που σχετίζονται με αυτές θα πρέπει κατά μια έννοια να «μεταφράζονται» στο επίπεδο στο οποίο θα γίνει η υλοποίηση. Τα κυκλώματα αυτά ονομάζονται ψηφιακά διότι αναγνωρίζουν και επεξεργάζονται σήματα δύο διακριτών καταστάσεων.

Οι δύο αυτές διακριτές καταστάσεις ταυτίζονται με τη λειτουργία ενός διακόπτη ο οποίος μπορεί να είναι κλειστός (περνά ρεύμα) ή ανοικτός (δεν περνά ρεύμα). Η υλοποίηση των διακοπών γίνεται με κυκλώματα ημιαγωγών (π.χ. τρανζίστορ) ενώ η μοντελοποίηση της λειτουργίας τους για την αξιοποίηση τους από το λογισμικό γίνεται με τη χρήση του δυαδικού συστήματος.

Το δυαδικό σύστημα διαθέτει δύο ψηφία και είναι το ιδανικότερο αριθμητικό σύστημα για την αντιστοίχιση των δύο διακριτών καταστάσεων που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το σχήμα 3.1 δείχνει μια γενική συσχέτιση των συνιστωσών από το επίπεδο του χρήστη στο επίπεδο της φυσικής υλοποίησης.

**Σχήμα 3.1** Λειτουργικά επίπεδα

Επίπεδο	Περιγραφή
5	Χρήστης

4	Προγραμματιστής (υψηλού ή χαμηλού επιπέδου)
3	Γλώσσα μηχανής (δυναμικό σύστημα)
2	Λογικές πύλες
1	Ημιαγωγοί, σήματα

Οι λογικές πύλες περιγράφουν με ένα πιο αφαιρετικό τρόπο την υλοποίηση των λειτουργιών σε φυσικό επίπεδο.

Η λειτουργική συσχέτιση των επιπέδων του σχήματος 3.1 έχει ως εξής:

#### Επίπεδο 5

Ο χρήστης δίνει την οδηγία μέσα από το περιβάλλον εργασίας.

#### Επίπεδο 4

Η οδηγία θα εκτελεστεί μέσω εντολής που έχει φτιάξει ο προγραμματιστής.

#### Επίπεδο 3

Η εντολή του προγραμματιστή είναι κωδικοποιημένη στο επίπεδο της μηχανής ως μια δυαδική ακολουθία (π.χ. 0001010100111011001).

#### Επίπεδο 2

Η δυαδική ακολουθία αποτελεί πληροφορία για το ψηφιακό κύκλωμα που θα ενεργοποιηθεί. Το ψηφιακό κύκλωμα περιλαμβάνει λογικές πύλες των οποίων η συμπεριφορά περιγράφεται από λογικές συναρτήσεις.

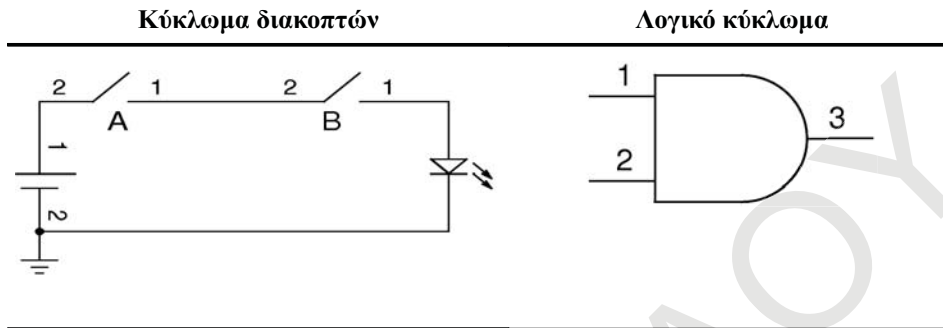
#### Επίπεδο 1

Η υλοποίηση των ψηφιακών κυκλωμάτων γίνεται με ημιαγωγούς (π.χ. τρανζίστορ) και διακίνηση ψηφιακών ηλεκτρικών σημάτων.

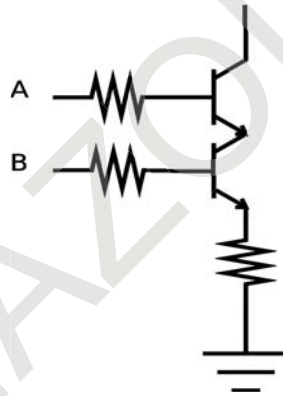
### **3.2 Στοιχειώδεις λογικές πύλες**

Οι λογικές πύλες αποτελούν τα στοιχειώδη συστατικά όλων των κυκλωμάτων που υλοποιούν τις εντολές κάθε προγράμματος. Η λειτουργία των πυλών βασίζεται στη λογική των διακοπών. Το σχήμα 3.2 δείχνει πως από το ηλεκτρικό κύκλωμα των διακοπών τυποποιούμε την αντίστοιχη λειτουργία με μια πύλη. Η πύλη του σχήματος 3.2 υλοποιείται σε φυσικό επίπεδο από ημιαγωγούς (σχήμα 3.3) που ελέγχονται από κατάλληλα ηλεκτρικά σήματα.

**Σχήμα 3.2** Λογική της πύλης AND



**Σχήμα 3.3** Υλοποίηση πύλης AND με ημιαγωγούς





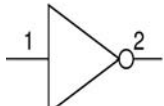

Όταν ένα υπολογιστικό σύστημα εξετάζεται από την πλευρά της αρχιτεκτονικής δομής, στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος βρίσκονται τα αντίστοιχα λογικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται (π.χ. για την πρόσθεση αριθμών). Ο σχεδιασμός και η ανάλυση των λογικών κυκλωμάτων βασίζεται σε ένα σύνολο από κανόνες που αντλούνται κυρίως από την άλγεβρα Boole.

Ορισμένες λογικές πύλες αποτελούν τις στοιχειώδεις συνιστώσες ενός οποιουδήποτε λογικού κυκλώματος με συγκεκριμένη συμπεριφορά που περιγράφεται από τους πίνακες αληθείας (δείχνουν την εξάρτηση των εξόδων από τις εισόδους). Ο πίνακας 3.1 περιγράφει τη συμπεριφορά στοιχειωδών πυλών που

χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό των λογικών κυκλωμάτων ενώ ο πίνακας 3.2 περιέχει τα αντίστοιχα σύμβολα που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση των κυκλωμάτων.

Πίνακας 3.1 Στοιχειώδεις πύλες					
Είσοδος		Έξοδος			
A	B	A AND B	A OR B	NOT A	A XOR B
0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0

Πίνακας 3.2 Σύμβολα λογικών πυλών

Λογική πύλη	Σύμβολο
AND	
OR	
NOT	
XOR	

### 3.3 Απλά κυκλώματα

Μιλώντας για αρχιτεκτονική και σχεδίαση θα πρέπει να εστιάσουμε την προσοχή μας στα κυκλώματα υλοποίησης των διάφορων λειτουργιών του υπολογιστή. Ως παράδειγμα της πρακτικής αξίας ενός λογικού κυκλώματος, θα μελετήσουμε το

κύκλωμα του ημιαθροιστή που έχει τη δυνατότητα πρόσθεσης δύο αριθμών ενός ψηφίου (bit). Η πρόσθεση  $0+0$  θα μας δώσει την ελάχιστη τιμή του αθροίσματος ενώ η πρόσθεση  $1+1=10_{(2)}=2_{(10)}$  θα μας δώσει τη μέγιστη (προσέξτε ότι στη δεύτερη περίπτωση θα προκύψει ένα επιπλέον ψηφίο). Το τελικό άθροισμα θα έχει μήκος ένα έως δύο bit ( $S_1S_0$ ), όπου το  $S_0$  είναι το λιγότερο σημαντικό ψηφίο -LSB- και έχει προκύψει από την πρόσθεση των ψηφίων του αριθμού, ενώ το  $S_1$  είναι το πιθανό κρατούμενο (εφόσον προκύψει). Το σχήμα 3.4 δείχνει την πρόσθεση δύο αριθμών A και B ενός bit.

**Σχήμα 3.4** Απλή πρόσθεση

$$\begin{array}{r} A \\ + B \\ \hline S_1S_0 \end{array}$$

Ο πίνακας 3.3 (πίνακας αληθείας) περιγράφει τη συμπεριφορά του κυκλώματος που υλοποιεί τον ημιαθροιστή.

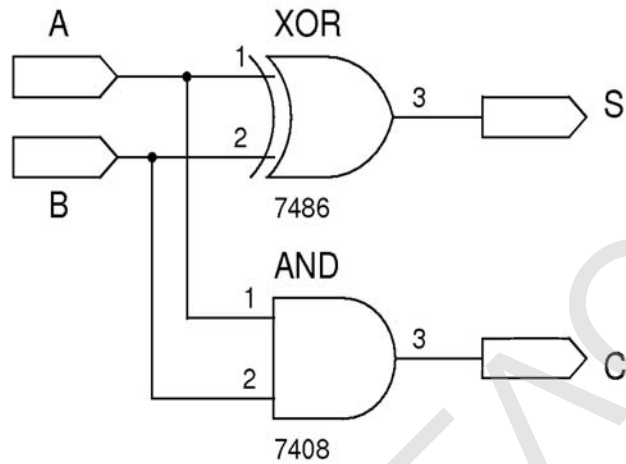
**Πίνακας 3.3** Συμπεριφορά κυκλώματος ημιαθροιστή

A	B	Κρατούμενο (ψηφίο $S_1$ )	Άθροισμα (ψηφίο $S_0$ )	Τιμή στο δεκαδικό σύστημα
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	0	2

Από τον πίνακα 3.3 φαίνεται ότι το ψηφίο  $S_1$  προκύπτει με την εφαρμογή μιας πύλης AND ενώ το  $S_0$  με την εφαρμογή μιας πύλης αποκλειστικού OR (XOR).

Το σχήμα 3.5 δείχνει τη σύνθεση του κυκλώματος του ημιαθροιστή με τη χρήση των στοιχειωδών πυλών του πίνακα 3.2.

**Σχήμα 3.5** Το λογικό κύκλωμα του ημιαθροιστή



### Περίληψη κεφαλαίου

Τα ψηφιακά κυκλώματα αποτελούν σημαντικό υλικό για την ανάλυση της βασικής αρχιτεκτονικής του συστήματος. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκαν ορισμένες βασικές έννοιες που αφορούν στη φιλοσοφία λειτουργίας των ψηφιακών κυκλωμάτων.

Στο ίδιο κεφάλαιο έγινε επίσης και η παρουσίαση βασικών συμβόλων και κυκλωμάτων που θα χρησιμεύσουν στην κατανόηση πολυπλοκότερων στα επόμενα κεφάλαια.

Ο σχεδιασμός ψηφιακών κυκλωμάτων που υλοποιούν λογικές συναρτήσεις βασίζεται στο συνδυασμό στοιχειωδών λογικών πυλών.

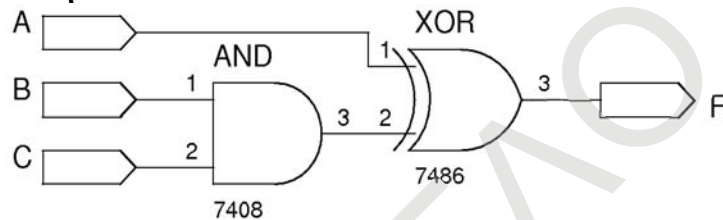
Σε αυτό το κεφάλαιο περιλαμβάνεται και υλικό που δείχνει με χαρακτηριστικό τρόπο ότι η λειτουργία των πυλών προκύπτει από το συνδυασμό απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων διακοπών.

## ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

**Άσκηση 1** Να σχεδιαστεί το κύκλωμα που υλοποιεί την ακόλουθη λογική συνάρτηση:

$$F = A \text{ XOR } (B \text{ AND } C)$$

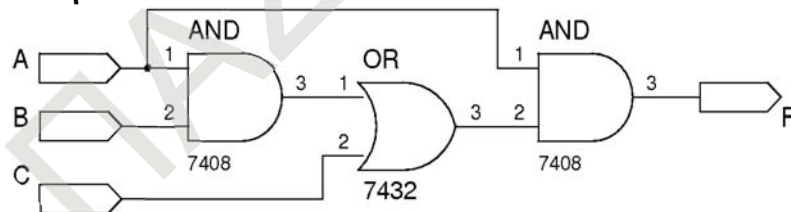
**Λύση**



**Άσκηση 2** Να σχεδιαστεί το κύκλωμα που υλοποιεί την ακόλουθη λογική συνάρτηση:

$$F = ((A \text{ AND } B) \text{ OR } C) \text{ AND } A$$

**Λύση**



## ΑΛΥΤΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

**Άσκηση 1** Να σχεδιαστεί ο πίνακας αληθείας των παραπάνω κυκλωμάτων.

**Άσκηση 2** Δεδομένου του συμβολισμού που χρησιμοποιείται στην άλγεβρα Boole να διατυπώσετε κατάλληλα τις λογικές εκφράσεις για τις

λυμένες ασκήσεις 1 και 2.

**Άσκηση 3** Να σχεδιαστεί το αντίστοιχο κύκλωμα διακοπών για την υλοποίηση της πύλης OR.

**Άσκηση 4** Να σχεδιαστούν τα αντίστοιχα κυκλώματα διακοπών για τις λογικές συναρτήσεις των λυμένων ασκήσεων 1 και 2.

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ