ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ΔΟΜΗ & ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΚΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

(Θεωρία)

ΒΙΒΛΙΟ ΜΑΘΗΤΗ

2ου ΚΥΚΛΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ-ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ:
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑ

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΜΙΚΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ
ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
Β' ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

ISBN 960-06-1039-8

Ε
Β

Κεφάλαιο 1ο

Βασικές Αρχές Δομής και Λειτουργίας των Υπολογιστικών Συστημάτων

Περιεχόμενα

Στόχοι του κεφαλαίου:

Όταν ολοκληρώσεις το κεφάλαιο αυτό θα μπορείς να…

- εξηγείς τη χρησιμότητα του δυαδικού και του δεκαεξαδικού συστήματος αρίθμησης
- εκτελείς πράξεις στο δυαδικό και δεκαεξαδικό σύστημα
- εκτελείς μετατροπές από το ένα αριθμητικό σύστημα στο άλλο
- αναφέρεις τη χρησιμότητα ενός συνόλου χαρακτήρων
- αναφέρεις τα πιο γνωστά σύνολα χαρακτήρων
- περιγράφεις τη βασική δομή των υπολογιστικών συστημάτων

Στο Κεφάλαιο αυτό θα δώσουμε τις βασικές αρχές της δομής και λειτουργίας των υπολογιστικών συστημάτων.

Αρχικά θα αναφερθούμε στην έννοια των αριθμητικών συστημάτων. Θα περιγράψουμε τα αριθμητικά συστήματα που χρησιμοποιούνται στους υπολογιστές (δυαδικό και δεκαεξαδικό) και θα εξηγήσουμε τη χρησιμότητά τους.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε πώς μπορούμε να μετατρέψουμε αριθμούς από οποιοδήποτε από τα συστήματα αυτά σε οποιοδήποτε άλλο, καθώς και τον τρόπο εκτέλεσης των πράξεων στο δυαδικό και το δεκαεξαδικό σύστημα.

Επιπλέον, θα αναφερθούμε στους τρόπους με τους οποίους μπορούμε να παραστήσουμε αριθμούς σε ένα υπολογιστικό σύστημα.

Ακόμη, θα αναφερθούμε στα συστήματα που χρησιμοποιούνται στα υπολογιστικά συστήματα για την αναπαράσταση συμβόλων (μη αριθμητικών χαρακτήρων), στη χρησιμότητά τους και θα περιγράψουμε τα πιο γνωστά από αυτά.

Τέλος, θα αναφερθούμε στη δομή των υπολογιστικών συστημάτων, καθώς και στον τρόπο διακίνησης και επεξεργασίας της πληροφορίας μέσα στα υπολογιστικά συστήματα.

1.1 Αριθμητικά Συστήματα

Ένα αριθμητικό σύστημα αποτελείται από ένα σύνολο ψηφίων και κανόνες εκτέλεσης των πράξεων ανάμεσα στους αριθμούς με βάση τα ψηφία αυτά.

Βάση (base) ενός αριθμητικού συστήματος είναι ένας αριθμός b ο οποίος χαρακτηρίζει το σύστημα. Το πλήθος των διαφορετικών ψηφίων του συστήματος είναι b. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα συστήματα είναι το δεκαδικό (με βάση το 10) το οποίο χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή, το δυαδικό (με βάση το 2) και το δεκαεξαδικό (με βάση το 16).

Η γνώση του δυαδικού συστήματος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην κατανόηση των αρχών λειτουργίας των υπολογιστικών συστημάτων διότι η παράσταση της πληροφορίας και οι πράξεις στους υπολογιστές γίνονται στο δυαδικό σύστημα αρίθμησης. Το δεκαεξαδικό σύστημα από την άλλη έχει το πλεονέκτημα ότι το πλήθος των ψηφίων ενός αριθμού στο δεκαεξαδικό σύστημα είναι πολύ μικρότερο από το πλήθος των ψηφίων του ίδιου αριθμού στο δυαδικό σύστημα ενώ υπάρχει ένας εύκολος τρόπος μετατροπής των αριθμών από το ένα σύστημα στο άλλο και αντίστροφα. Έτσι, στους υπολογιστές συχνά, αντί να χρησιμοποιούμε τη δυαδική παράσταση ενός αριθμού χρησιμοποιούμε τη δεκαεξαδική παράσταση του.

Στον πίνακα 1.1 φαίνονται τα ψηφία τα οποία χρησιμοποιούνται σε κάθε ένα από τα συστήματα αυτά.

Δυαδικό σύστημα	**Δεκαδικό σύστημα**	**Δεκαεξαδικό σύστημα**
0	0	0
1	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	5	5
	6	6
	7	7
	8	8
	9	9
		A
		B
		C
		D
		E
		F

Πίνακας 1.1 *Τα ψηφία του δυαδικού, δεκαδικού και δεκαεξαδικού συστήματος*

Τα ψηφία A, B, C, D, E, F χρησιμοποιούνται στο δεκαεξαδικό σύστημα για να εκφράσουν τους αριθμούς 11, 12, 13, 14, 15, για τους οποίους δεν υπάρχουν αντίστοιχα ψηφία στο δεκαδικό σύστημα. Η γενική μορφή παράστασης ενός αριθμού N σε ένα αριθμητικό σύστημα είναι η ακόλουθη:

$$N=(a_{m-1}a_{m-2}\ldots a_1a_0)_b=a_{m-1}\, b^{m-1} + a_{m-2}\, b^{m-2} + \ldots\ a_1\, b^1 + a_0\, b^0$$

Οι αριθμοί a_0, a_1, ... a_{m-2}, a_{m-1} αποτελούν τα ψηφία του αριθμού και δε μπορούν να είναι μεγαλύτεροι από τη βάση b.
Ένας αριθμός μπορεί να εκφραστεί σε διαφορετικά αριθμητικά συστήματα. Έτσι, είναι δυνατό να επιβεβαιώσει κανείς ότι ο ίδιος αριθμός (28 στο δεκαδικό σύστημα) εκφράζεται στα συστήματα που αναφέρθηκαν όπως φαίνεται στη συνέχεια.

$$(28)_{10}= 2x10^1 + 8x10^0$$
$$(28)_{10}= 1x16^1 + 12x16^0 = (1C)_{16}$$
$$(28)_{10}= 1x2^4 + 1x2^3 + 1x2^2 + 0x2^1 + 0x2^0 = (11100)_2$$

Αντίστροφα, η ίδια ακολουθία ψηφίων μπορεί να συμβολίζει διαφορετικούς αριθμούς σε διαφορετικά συστήματα, για παράδειγμα,

$$(11)_{16}= 1x16^1 + 1x16^0= 16 + 1 = (17)_{10}$$
$$(11)_{10}= 1x10^1 + 1x10^0 = (11)_{10}$$
$$(11)_2 = 1x2^1 + 1x2^0= 2 + 1 = (3)_{10}$$

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε σε μετατροπές και πράξεις μόνο ακέραιων (όχι κλασματικών) αριθμών.

1.2 Μετατροπή αριθμών από ένα σύστημα αρίθμησης σε άλλο

Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε στις διαδικασίες μετατροπής ενός αριθμού από ένα σύστημα αρίθμησης σε κάποιο άλλο. Πιο συγκεκριμένα, θα παρουσιάσουμε τις διαδικασίες μετατροπής αριθμών από (α) το δυαδικό ή το δεκαεξαδικό στο δεκαδικό, (β) το δεκαδικό στο δυαδικό ή δεκαεξαδικό και (γ) το δυαδικό στο δεκαεξαδικό και αντίστροφα.

α. Μετατροπή από δυαδικό ή δεκαεξαδικό σε δεκαδικό

Για να μετατρέψουμε έναν αριθμό από το δυαδικό ή το δεξαεξαδικό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης υπολογίζουμε την τιμή της παράστασης

$$a_{m-1}\, b^{m-1} + a_{m-2}\, b^{m-2} + \ldots\ a_1\, b^1 + a_0\, b^0$$

όπου με b συμβολίζουμε τη βάση του συστήματος, η οποία είναι το 2 ή το 16. Για

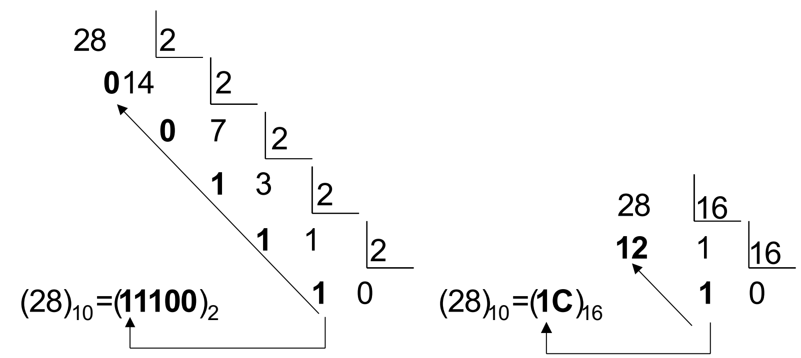
παράδειγμα, για να μετατρέψουμε τον αριθμό $(11001)_2$ στο δεκαδικό σύστημα, υπολογίζουμε την τιμή της παράστασης

$$1x2^4+1x2^3+0x2^2+0x2^1+1x2^0=16+8+1=25$$

β. Μετατροπή από το δεκαδικό στο δυαδικό ή το δεκαεξαδικό

Για να μετατρέψουμε το ακέραιο μέρος του αριθμού, το διαιρούμε με τη βάση του συστήματος (2 ή 16) και παίρνουμε ένα υπόλοιπο (Υ) και ένα πηλίκο (Π). Το πηλίκο διαιρείται και πάλι με το b (2 ή 16) και παίρνουμε ένα νέο πηλίκο Π και υπόλοιπο Υ. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το πηλίκο Π να γίνει 0. Η ζητούμενη αναπαράσταση είναι τα υπόλοιπα (Υ), με την αντίστροφη σειρά από εκείνη που τα βρήκαμε.

Για παράδειγμα, στο Σχήμα 1.1 φαίνεται η διαδικασία μετατροπής του αριθμού 28 στο δυαδικό και το δεκαεξαδικό σύστημα αντίστοιχα. Οι αναπαραστάσεις του δεκαδικού αριθμού 28 στα δύο συστήματα είναι $(11100)_2$ και $(1C)_{16}$.



Σχήμα 1.1 *Μετατροπή του αριθμού $(28)_{10}$ στο δυαδικό και το δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης*

γ. Μετατροπή από δυαδικό σε δεκαεξαδικό και αντίστροφα

Υπάρχουν δύο τρόποι για να μετατρέψουμε έναν αριθμό από το δυαδικό στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης και αντίστροφα.

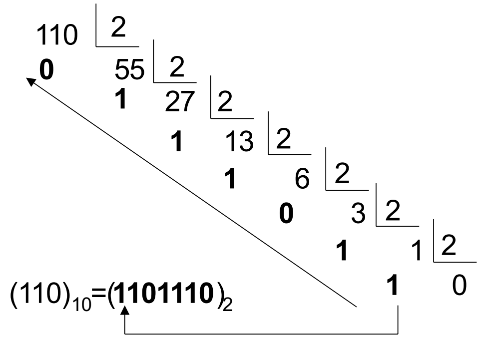
Ο πρώτος τρόπος είναι να χρησιμοποιήσουμε ως ενδιάμεσο το δεκαδικό σύστημα. Στον τρόπο αυτό μετατρέπουμε από το ένα σύστημα στο δεκαδικό και στη συνέχεια από το δεκαδικό στο άλλο όπως περιγράψαμε προηγουμένως. Στο δεύτερο τρόπο, μετατρέπουμε απευθείας από το ένα σύστημα στο άλλο. Οι δύο αυτοί τρόποι περιγράφονται στη συνέχεια.

Μετατροπή μέσω του δεκαδικού

Για να μετατρέψουμε το δεκαεξαδικό αριθμό 6E στο δυαδικό σύστημα μπορούμε να τον μετατρέψουμε πρώτα στο δεκαδικό αριθμό

$$6x16^1 + 14x16^0 = (110)_{10}$$

Στη συνέχεια μετατρέπουμε το δεκαδικό αριθμό στον αντίστοιχο δυαδικό αριθμό όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2.



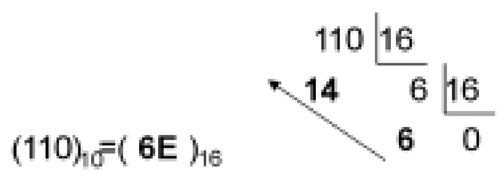
Σχήμα 1.2 *Μετατροπή του αριθμού $(110)_{10}$ στο δυαδικό σύστημα αρίθμησης*

Επομένως, η δυαδική παράσταση του αριθμού $(6E)_{16}$ είναι η $(1101110)_2$.

Αντίστροφα, για τη δεκαεξαδική παράσταση του αριθμού $(1101110)_2$ βρίσκουμε πρώτα τη δεκαδική αναπαράσταση που είναι

$$2^6+2^5+2^3+2^2+2^1=110$$

Στη συνέχεια η μετατροπή στο δεκαεξαδικό σύστημα θα δώσει $(6E)_{16}$.



Σχήμα 1.3 *Μετατροπή του αριθμού $(110)_{10}$ στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης*

Απευθείας μετατροπή

Η απευθείας μετατροπή αριθμών από το δυαδικό στο δεκαεξαδικό σύστημα και αντίστροφα στηρίζεται στο γεγονός ότι $16=2^4$, επομένως ένα ψηφίο στο δεκαεξαδικό σύστημα αντιστοιχεί σε τέσσερα ακριβώς ψηφία στο δυαδικό σύστημα. Με βάση την παρατήρηση αυτή μπορούμε να ακολουθήσουμε τη διαδικασία που περιγράφουμε στη συνέχεια.

Για την απευθείας μετατροπή ενός δεκαεξαδικού αριθμού στο δυαδικό σύστημα αντικαθιστούμε κάθε ψηφίο του αριθμού με ένα τετραψήφιο δυαδικό αριθμό σύμφωνα με τον πίνακα 1.2.

δεκαεξαδικό ψηφίο	**δυαδικά ψηφία**
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

Πίνακας 1.2 *Αντιστοιχία δεκαεξαδικών και δυαδικών ψηφίων*

Μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι ο δυαδικός αριθμός (π.χ. 1100) είναι η έκφραση του δεκαεξαδικού ψηφίου στο δυαδικό σύστημα (π.χ. C). Έτσι, για παράδειγμα, ο δεκαεξαδικός αριθμός 77F αντιστοιχεί στο δυαδικό αριθμό 0111 0111 1111 όπως φαίνεται στη συνέχεια.

7	**7**	**F**
0111	**0111**	**1111**

Αντίστροφα, για να μετατρέψουμε έναν αριθμό από το δυαδικό σύστημα στο δεκαεξαδικό, χωρίζουμε τα ψηφία του σε τετράδες προσθέτοντας, αν χρειαστεί, μηδενικά στην αρχή και αντικαθιστούμε κάθε τετράδα με το αντίστοιχο δεκαεξαδικό ψηφίο. Έτσι, ο δυαδικός αριθμός 1 1010 1101 αντιστοιχεί στο δεκαεξαδικό αριθμό 1AD, όπως φαίνεται στη συνέχεια (με πλάγια γράμματα φαίνονται τα μηδενικά που προσθέσαμε στην αρχή -αριστερά- του αριθμού προκειμένου να συμπληρωθούν τετράδες ψηφίων).

0001	**1010**	**1101**
1	**A**	**D**

Μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι η απευθείας μετατροπή είναι πολύ πιο εύκολη και γρήγορη από ότι η μετατροπή χρησιμοποιώντας το δεκαδικό σύστημα.

1.3 Πράξεις στο δυαδικό σύστημα

Στην παράγραφο αυτή θα περιγράψουμε τον τρόπο εκτέλεσης των τεσσάρων βασικών πράξεων (πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμός και διαίρεση) στο δυαδικό σύστημα.

Το να γνωρίζουμε τον τρόπο εκτέλεσης των πράξεων στο δυαδικό σύστημα, θα μας βοηθήσει να καταλάβουμε τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η εκτέλεση των πράξεων στα υπολογιστικά συστήματα.

1.3.1 Πρόσθεση

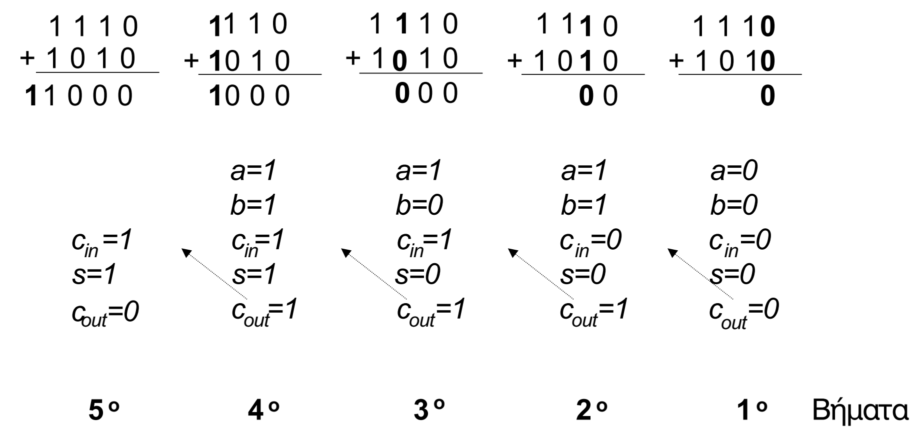
Στην πρόσθεση ξεκινάμε από δεξιά (χαμηλότερης τάξης ψηφία) και προσθέτουμε τα αντίστοιχα ψηφία των αριθμών. Κάθε φορά που προκύπτει κρατούμενο το προσθέτουμε στα αμέσως υψηλότερης τάξης ψηφία.

Για την κατανόηση της εκτέλεσης της πρόσθεσης στο δυαδικό σύστημα θα μας βοηθήσει ο πίνακας 1.3, που δίνει για τα δυνατά ζεύγη των προσθετέων ψηφίων (a, b) και του κρατουμένου (c_{in}) , το αποτέλεσμα (s) και το κρατούμενο προς την επόμενη βαθμίδα (c_{out}).

a	b	c_{in}	s	c_{out}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Πίνακας 1.3 *Πίνακας αληθείας της πρόσθεσης δύο ψηφίων και του κρατουμένου*

Στο Σχήμα 1.4 φαίνεται η διαδικασία πρόσθεσης των αριθμών $(1110)_2$ και $(1010)_2$ που δίνει αποτέλεσμα $(11000)_2$. Η αντίστοιχη πρόσθεση στο δεκαδικό σύστημα δίνει 14+10=24 που επαληθεύει το αποτέλεσμα. Η διαδικασία της πρόσθεσης παρουσιάζεται από τα δεξιά προς τα αριστερά όπως δείχνει η αρίθμηση των βημάτων.



Σχήμα 1.4 *Πρόσθεση στο δυαδικό σύστημα*

1.3.2 Αφαίρεση

Στην αφαίρεση ξεκινάμε επίσης από δεξιά αφαιρώντας τα αντίστοιχα ψηφία των αριθμών. Σε κάθε βαθμίδα δημιουργείται ένα δανεικό (borrow) ψηφίο, το οποίο προστίθεται στο ψηφίο του αφαιρέτη της επόμενης βαθμίδας. Ο πίνακας 1.4 δίνει για τα ζεύγη των ψηφίων του αφαιρέτη, του αφαιρετέου και του δανεικού, το αποτέλεσμα και το δανεικό προς την επόμενη βαθμίδα.

a	b	r_{in}	d	r_{out}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

Πίνακας 1.4 *Πίνακας αληθείας της αφαίρεσης δύο ψηφίων και του δανεικού*

Για παράδειγμα, η διαδικασία αφαίρεσης των αριθμών $(1100)_2$ και $(1010)_2$ φαίνεται στο Σχήμα 1.5.

1100	1**1**00	11**0**0	110**0**
-**1**010	-1**0**10	-10**1**0	-101**0**
0010	**0**10	**1**0	**0**
$a=1$	$a=1$	$a=0$	$a=0$
$b=1$	$b=0$	$b=1$	$b=0$
$r_{in}=0$	$r_{in}=1$	$r_{in}=0$	$r_{in}=0$
$d=0$	$d=0$	$d=1$	$d=0$
$r_{out}=0$	$r_{out}=0$	$r_{out}=1$	$r_{out}=0$

Σχήμα 1.5 *Αφαίρεση στο δυαδικό σύστημα*

Η αντίστοιχη αφαίρεση στο δεκαδικό σύστημα θα έδινε 12-10=2 που επαληθεύει το αποτέλεσμα.

1.3.3 Πολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός στο δυαδικό σύστημα αρίθμησης γίνεται, όπως και στο δεκαδικό, με διαδοχικές προσθέσεις. Κάθε ψηφίο του πολλαπλα-σιαστή πολλαπλασιάζεται με όλα τα ψηφία του πολλαπλασιαστέου και σχηματίζει ένα μερικό γινόμενο. Κάθε μερικό γινόμενο γράφεται κάτω από το προηγούμενο ολισθημένο κατά μία θέση προς τα αριστερά. Στη συνέχεια, προσθέτουμε ανά δύο τα μερικά γινόμενα.

Στο Σχήμα 1.6 φαίνεται ο δυαδικός πολλαπλασιασμός των αριθμών $(1110)_2$ και $(110)_2$. Ο πολλαπλασιασμός στο δεκαδικό σύστημα θα έδινε 14x6=84=$(1010100)_2$.

```
 1110
x 110
 0000   <- μερικό γινόμενο 1°

 1110
x 110
 0000
1110    <- μερικό γινόμενο 2°

  1110
x  10
  0000
 1110
1110    <- μερικό γινόμενο 3°

   1110
x   10
   0000
  1110
 1110
1010100
```

Σχήμα 1.6 *Πολλαπλασιασμός στο δυαδικό σύστημα*

1.3.4 Διαίρεση

Η διαίρεση στο δυαδικό σύστημα πραγματοποιείται με διαδοχικές αφαιρέσεις του διαιρέτη από το διαιρετέο. Στο Σχήμα 1.7 φαίνεται η διαδικασία διαίρεσης του αριθμού $(11011)_2$ με τον $(101)_2$ που δίνει πηλίκο $(101)_2$ και υπόλοιπο $(10)_2$. Η αντίστοιχη πράξη στο δεκαδικό σύστημα (27 : 5) θα έδινε πηλίκο 5 και υπόλοιπο 2. Η διαδικασία είναι ανάλογη με αυτή που ακολουθούμε στους δεκαδικούς αριθμούς.

```
11011 | 101     11011 | 101     11011 | 101
101   | 1       101   | 10       101  | 101
001             0011             00111
                                   101
                                   010
```

Σχήμα 1.7 *Διαίρεση στο δυαδικό σύστημα*

1.4 Πράξεις στο δεκαεξαδικό σύστημα

Η εκτέλεση των πράξεων στο δεκαεξαδικό σύστημα είναι πιο πολύπλοκη από ότι στο δυαδικό. Ο λόγος που μαθαίνουμε πράξεις στο σύστημα αυτό είναι ότι πολλές φορές χρησιμοποιούμε το δεκαεξαδικό σύστημα αντί του δυαδικού, επειδή το πλήθος των ψηφίων ενός αριθμού είναι πολύ μικρότερο από ότι στο δυαδικό σύστημα.

1.4.1 Πρόσθεση

Η πρόσθεση στο δεκαεξαδικό σύστημα γίνεται όπως στο δεκαδικό, ξεκινώντας από τα δεξιά και προσθέτοντας ανά δύο τα ψηφία, συν το κρατούμενο που προέκυψε από την πρόσθεση των προηγούμενων ψηφίων (αν υπάρχει).

Για να προσθέσουμε δύο ψηφία στο δεκαεξαδικό σύστημα υπολογίζουμε τη δεκαδική τους τιμή (αν κάποιο από αυτά είναι μεταξύ του 'A' και του 'F'), προσθέτουμε τις δεκαδικές τους τιμές. Αν το αποτέλεσμα είναι μικρότερο του 16 το παριστάνουμε με το αντίστοιχο δεκαεξαδικό ψηφίο. Αν το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 16, τότε αφαιρούμε το 16, και το υπόλοιπο είναι το αποτέλεσμα και έχουμε κρατούμενο 1. Έτσι, η πρόσθεση 9 + 9 δίνει αποτέλεσμα $(18)_{10}$ επομένως έχουμε αποτέλεσμα 2 και κρατούμενο 1. Στο Σχήμα 1.8 φαίνεται η διαδικασία πρόσθεσης των αριθμών $(1AD9)_{16}$ και $(201D)_{16}$.

1 A D 9	1 **A** D 9	1 A **D** 9	1 A D **9**
+ **2** 0 1 D	+ 2 **0** 1 D	+ 2 0 **1** D	+ 2 0 1 **D**
3 A F 6	**A** F 6	**F** 6	**6**
$a=1$	$a=A$	$a=D$	$a=9$
$b=2$	$b=0$	$b=1$	$b=D$
$c_{in}=0$	$c_{in}=0$	$c_{in}=1$	$c_{in}=0$
$s=3$	$s=A$	$s=F$	$s=6$
$c_{out}=0$	$c_{out}=0$	$c_{out}=0$	$c_{out}=1$

Σχήμα 1.8 *Πρόσθεση στο δεκαεξαδικό σύστημα*

Η αντίστοιχη πράξη στο δεκαδικό σύστημα (6873 + 8221) δίνει 15094 = $(3AF6)_{16}$ που επαληθεύει το αποτέλεσμα.

1.4.2 Αφαίρεση

Η αφαίρεση στο δεκαεξαδικό σύστημα γίνεται όπως στο δεκαδικό, ξεκινώντας από τα δεξιά και αφαιρώντας το ψηφίο του αφαιρέτη από το ψηφίο του αφαιρετέου. Αν υπάρχει δανεικό από προηγούμενη βαθμίδα, προστίθεται στο ψηφίο του αφαιρέτη.

Στην περίπτωση που το ψηφίο του αφαιρέτη είναι μεγαλύτερο από το ψηφίο του αφαιρετέου, δε δανειζόμαστε από την επόμενη βαθμίδα 10 όπως στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, αλλά 16 (που είναι η βάση του συστήματος).

A 0 D 9	A **0** D 9	A 0 **D** 9	A 0 D **9**
-**2** 2 1 D	-2 **2** 1 D	-2 2 **1** D	-2 2 1 **D**
7 E B C	**E** B C	**B** C	**C**
$a=A$	$a=0$	$a=D$	$a=9$
$b=2$	$b=2$	$b=1$	$b=D$
$r_{in}=1$	$r_{in}=0$	$r_{in}=1$	$r_{in}=0$
$d=7$	$d=E$	$d=B$	$d=C$
$r_{out}=0$	$r_{out}=1$	$r_{out}=0$	$r_{out}=1$

Σχήμα 1.9 *Αφαίρεση στο δεκαεξαδικό σύστημα*

Για παράδειγμα, η διαδικασία της αφαίρεσης των αριθμών $(41177)_{10}$= $(A0D9)_{16}$ και $(8733)_{10}$=$(221D)_{16}$ που δίνει αποτέλεσμα $(32444)_{10}$= $(7EBC)_{16}$ φαίνεται στο Σχήμα 1.9.

1.5 Παράσταση Αριθμών στον Υπολογιστή

Όπως γνωρίζουμε, οι πληροφορίες αποθηκεύονται στη μνήμη του υπολογιστή. Η μνήμη του υπολογιστή είναι οργανωμένη σε λέξεις (ομάδες δυαδικών ψηφίων). Μια λέξη είναι μια ομάδα δυαδικών ψηφίων (συνήθως 8 ή 16 δυαδικά ψηφία).

Στην παράγραφο αυτή θα ασχοληθούμε με τον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται οι αριθμοί στη μνήμη του υπολογιστή. Από όσα έχουμε αναφέρει μέχρι τώρα, γνωρίζουμε ότι στον υπολογιστή χρησιμοποιείται η δυαδική αναπαράσταση των αριθμών. Αυτό που μένει να συζητηθεί είναι: *πώς παρίστανται οι θετικοί και πώς οι αρνητικοί αριθμοί;*

Παράσταση αρνητικών αριθμών

Για να παραστήσουμε σε δυαδική μορφή θετικούς και αρνητικούς αριθμούς χρησιμοποιούμε το αριστερότερο ψηφίο της λέξης (most significant bit). Αν το ψηφίο αυτό είναι 0, τότε ο αριθμός είναι θετικός, διαφορετικά είναι αρνητικός.

Για να παραστήσουμε ένα θετικό αριθμό, χρησιμοποιούμε το αριστερότερο δυαδικό ψηφίο για το πρόσημο (0) και τα υπόλοιπα ψηφία τα χρησιμοποιούμε για να κωδικοποιήσουμε το μέτρο του αριθμού.

Έτσι για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας 8 δυαδικά ψηφία (όλα για το ακέραιο μέρος του αριθμού) ο αριθμός $(+18)_{10}$ είναι $(00010010)_2$.

Υπάρχουν τρεις τρόποι για να κωδικοποιήσουμε έναν αρνητικό αριθμό:

- η παράσταση προσήμου μέτρου
- η παράσταση συμπληρώματος ως προς 1
- η παράσταση συμπληρώματος ως προς 2

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε συνοπτικά στις παραστάσεις αυτές.

Παράσταση Προσήμου Μέτρου

Στην παράσταση προσήμου μέτρου, χρησιμοποιούμε το αριστερότερο ψηφίο σαν ένδειξη του προσήμου, και τα υπόλοιπα ψηφία για το μέτρο του αριθμού.

Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιούμε οκτώ δυαδικά ψηφία για την παράσταση των αριθμών (όλα για το ακέραιο μέρος του αριθμού) και θέλουμε να παραστήσουμε τον αριθμό -18 με την παράσταση μέτρου, θα εργαστούμε ως εξής. Βρίσκουμε την παράσταση του αριθμού 18 με οκτώ δυαδικά ψηφία (00010010). Στη συνέχεια αντιστρέφουμε το πρώτο ψηφίο, προκειμένου να δείξουμε ότι ο αριθμός είναι αρνητικός. Έτσι η ζητούμενη παράσταση είναι η 10010010.

Παράσταση Συμπληρώματος ως προς 1

Στην παράσταση συμπληρώματος ως προς 1, βρίσκουμε την αντίστοιχη δυαδική παράσταση του θετικού αριθμού και αντιστρέφουμε όλα τα ψηφία του.

Για παράδειγμα για να παραστήσουμε τον αριθμό -18 με παράσταση συμπληρώματος ως προς 1, ξεκινάμε από την παράσταση του θετικού αριθμού 00010010 και αντιστρέφουμε τα ψηφία του για να καταλήξουμε στην παράσταση 11101101.

Παράσταση συμπληρώματος ως προς 2

Στην παράσταση συμπληρώματος ως προς 2, χρησιμοποιούμε το θετικό αριθμό, αντιστρέφουμε όλα τα ψηφία του και στη συνέχεια προσθέτουμε μία μονάδα.

Έτσι, για να παραστήσουμε τον αριθμό -18 με παράσταση συμπληρώματος ως προς 2, ξεκινάμε από την παράσταση του θετικού αριθμού 00010010. Αντιστρέφοντας τα ψηφία βρίσκουμε την παράσταση 11101101. Στη συνέχεια, προσθέτοντας το 1, βρίσκουμε την παράσταση συμπληρώματος ως προς 2 που είναι η 11101110.

Αξίζει να παρατηρήσει κανείς, ότι και στους τρεις τρόπους παράστασης των αρνητικών αριθμών που αναφέρθηκαν, το αριστερότερο ψηφίο του αριθμού δείχνει αν ο αριθμός είναι θετικός ή αρνητικός. Έτσι, αν το ψηφίο είναι '1', μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι ο αριθμός είναι αρνητικός.

1.6 Συστήματα αναπαράστασης συμβόλων στα υπολογιστικά συστήματα

Γνωρίζουμε ότι, γενικά, εκτός από αριθμούς μπορούμε να αναπαραστήσουμε σε έναν υπολογιστή και σύμβολα, όπως γράμματα, σημεία στίξης και αριθμητικά ψηφία. Οι πληροφορίες αυτές παριστάνονται στους υπολογιστές ως σύνολα δυαδικών ψηφίων.

Ένα πρόβλημα που παρουσιάστηκε στα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των υπολογιστών ήταν η αντιστοίχηση των συμβόλων σε δυαδικά ψηφία. Τα χρόνια εκείνα ήταν δυνατό σε έναν υπολογιστή το γράμμα 'Ε' να συμβολίζεται με την ακολουθία δυαδικών ψηφίων 0010 0111, ενώ σε έναν άλλο υπολογιστή με την ίδια ακολουθία να αντιστοιχίζεται το γράμμα 'Α'. Αν κανείς μετέφερε ένα αρχείο κειμένου από τον έναν υπολογιστή στον άλλο, το γράμμα 'Ε' θα εκλαμβανόταν στο δεύτερο υπολογιστή ως 'Α' με τις συνέπειες που θα είχε αυτό.

Εμφανίστηκε η ανάγκη ύπαρξης μιας κοινά αποδεκτής αντιστοίχισης χαρακτήρων σε δυαδικές ακολουθίες. Μια τέτοια αντιστοίχιση ονομάζεται σύνολο χαρακτήρων (character set) και συνήθως καθορίζεται από κάποιο διεθνή οργανισμό τυποποίησης.

Ένα τέτοιο σύνολο χαρακτήρων, για μικροϋπολογιστές και σταθμούς εργασίας είναι ο

κώδικας ASCII (American Standard Code for Information Interchange, Αμερικανικός πρότυπος κώδικας για την ανταλλαγή πληροφοριών). Στον κώδικα ASCII, κάθε χαρακτήρας αναπαρίσταται από 8 δυαδικά ψηφία. Με τον κώδικα αυτό μπορούμε να παραστήσουμε 2^8=256 διαφορετικά σύμβολα. Μπορούμε να παραστήσουμε τα γράμματα του λατινικού αλφάβητου, τα αριθμητικά ψηφία, τα σύμβολα στίξης, των πράξεων, και ειδικούς χαρακτήρες (#,$,%,&,@,#), κλπ.

Ένα άλλο σύνολο χαρακτήρων είναι ο διευρυμένος δυαδικός κώδικας δεκαδικών για επικοινωνία (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code, EBCDIC). Στον επόμενο πίνακα δίνουμε παραδείγματα συμβόλων στους κώδικες ASCII και EBCDIC.

Σύμβολο	Κώδικας ASCII	Κώδικας EBCDIC
A	01000001	11000001
B	01000010	11000010
C	01000011	11000011
D	01000100	11000100
E	01000101	11000010
0	00110000	11110000
1	00110001	11110001
2	00110010	11110010
!	00100001	01011010
#	00100011	01111011
$	00100100	01011011
%	00100101	01101100
(	00101000	01001101
+	00101011	01001110
-	00101001	01001111
*	00101010	01011100

Πίνακας 1.5 *Σύμβολα στους κώδικες ASCII και EBCDIC*

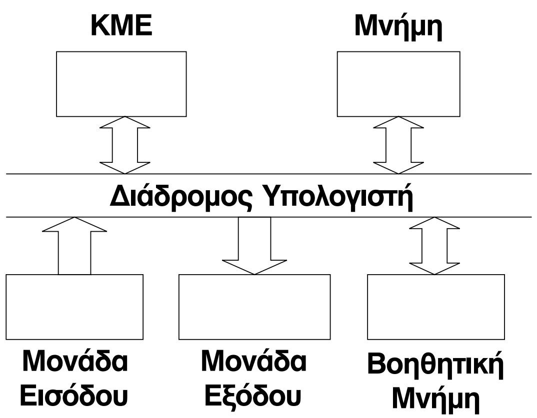
Για την αναπαράσταση χαρακτήρων που δεν περιλαμβάνονται στο λατινικό αλφάβητο, κάθε χώρα έχει θεσπίσει ένα πρότυπο, το οποίο αποτελεί επέκταση των παραπάνω προτύπων. Το πιο γνωστό πρότυπο για την παράσταση των ελληνικών και λατινικών χαρακτήρων, είναι το πρότυπο 928 του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ 928). Ο κώδικας αυτός αποτελεί μία επέκταση του κώδικα ASCII και περιλαμβάνει εκτός των λατινικών και τους ελληνικούς χαρακτήρες κεφαλαίους, πεζούς, τονούμενους, σημεία στίξης, κλπ.

Με τους 256 χαρακτήρες που μπορούν να αναπαραστήσουν οι κώδικες ASCII και EBCDIC δεν είναι δυνατό να παρασταθούν οι χαρακτήρες όλων των αλφαβήτων (π.χ. ελληνικό, ασιατικά, γερμανικό, γαλλικό). Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε ένα ακόμη σύνολο χαρακτήρων με το όνομα **Unicode**. Στο σύνολο αυτό χρησιμοποιούνται 16 δυαδικά ψηφία για την αναπαράσταση κάθε ψηφίου (είναι, όπως λέμε, ένας 16-δικός κώδικας). Το πλήθος των διαφορετικών ψηφίων που μπορεί να παραστήσει ο κώδικας αυτός είναι και 2^{16}=65536. Επομένως, το σύνολο αυτό καλύπτει τις ανάγκες για αναπαράσταση όλων των υπαρχόντων αλφάβητων.

1.7 Βασική δομή υπολογιστικού συστήματος - Αρχιτεκτονική

Στην παράγραφο αυτή θα περιγράψουμε συνοπτικά τη γενική δομή ενός υπολογιστικού συστήματος. Στο Κεφάλαιο 3 θα παρουσιάσουμε πιο αναλυτικά τη δομή αυτή.

Όπως γνωρίζουμε, ένα υπολογιστικό σύστημα είναι ένα σύστημα που αποτελείται από υλικό και λογισμικό και το οποίο επεξεργάζεται δεδομένα. Με τον όρο υλικό αναφερόμαστε στις συσκευές και με τον όρο λογισμικό στα προγράμματα, δηλαδή σε μια σειρά εντολών οι οποίες εκτελούνται από το υπολογιστικό σύστημα. Η γενική δομή του υλικού ενός υπολογιστικού συστήματος φαίνεται στο Σχήμα 1.10.



Σχήμα 1.10 *Γενική δομή υπολογιστικού συστήματος*

Σύμφωνα με το Σχήμα 1.10, ένα υπολογιστικό σύστημα αποτελείται από:

- ***μονάδες εισόδου*** με τις οποίες μπορούμε να εισάγουμε δεδομένα στον υπολογιστή (π.χ. πληκτρολόγιο).

- ***μονάδες εξόδου*** με τις οποίες το υπολογιστικό σύστημα εμφανίζει τα αποτελέσματα της επεξεργασίας (π.χ. οθόνη, εκτυπωτής).
- ***Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)*** η οποία επεξεργάζεται τα δεδομένα.
- ***κύρια μνήμη*** στην οποία αποθηκεύονται προσωρινά δεδομένα.
- ***μονάδες βοηθητικής μνήμης*** στις οποίες αποθηκεύονται δεδομένα όπου θα παραμείνουν και μετά τη λήξη της λειτουργίας του υπολογιστικού συστήματος.
- ***τους διαδρόμους***, με τους οποίους επικοινωνούν μεταξύ τους οι παραπάνω μονάδες.

Στη συνέχεια περιγράφουμε τη δομή και τη λειτουργία των μονάδων αυτών.

Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ) επεξεργάζεται δεδομένα. Η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται σε μια σειρά από βήματα, κάθε ένα από τα οποία ονομάζεται εντολή. Οι εντολές που εκτελούνται από την ΚΜΕ είναι *εντολές σε γλώσσα μηχανής*. Μια εντολή σε γλώσσα μηχανής είναι μια σειρά από δυαδικά ψηφία όπου είναι κωδικοποιημένο το είδος της εντολής. Οι εντολές της γλώσσας μηχανής είναι αποθηκευμένες στην κύρια μνήμη, από όπου τις ανακαλεί και τις εκτελεί η ΚΜΕ.
Η ΚΜΕ αποτελείται από τρία τμήματα:

- *την αριθμητική και λογική μονάδα* (Arithmetic and Logic Unit, ALU), η οποία εκτελεί τις αριθμητικές και λογικές πράξεις
- *τη μονάδα ελέγχου* (control unit) η οποία συντονίζει την εκτέλεση των εντολών και την εκτέλεση των πράξεων στην αριθμητική και λογική μονάδα
- *τους καταχωρητές* (registers) οι οποίοι χρησιμεύουν ως χώροι αποθήκευσης δεδομένων (καταχωρητές δεδομένων) ή διευθύνσεων της μνήμης (καταχωρητές διευθύνσεων)

Κύρια Μνήμη

Στην κύρια μνήμη φυλάσσονται δεδομένα ή εντολές τις οποίες θα εκτελέσει η ΚΜΕ. Η κύρια μνήμη αποτελείται από λέξεις μνήμης (memory words), κάθε μια από τις οποίες αποτελείται από δυαδικά ψηφία. Κάθε θέση έχει μια συγκεκριμένη διεύθυνση (address). Για να διαβάσουμε από μια θέση μνήμης ή να γράψουμε σε αυτή πρέπει να γνωρίζουμε τη διεύθυνσή της.

Η κύρια μνήμη ενός υπολογιστικού συστήματος χωρίζεται σε δύο τμήματα: στη μνήμη από την οποία η ΚΜΕ μπορεί να διαβάσει μόνο *(Read Only Memory, ROM)* και στη μνήμη στην οποία η ΚΜΕ μπορεί και να γράψει και να διαβάσει. Στη μνήμη αυτή αναφερόμαστε με τον όρο μνήμη τυχαίας προσπέλασης *(Random Access Memory, RAM)*. Τα περιεχόμενα της μνήμης RAM χάνονται όταν σταματήσει να λειτουργεί το υπολογιστικό σύστημα.

Στη μνήμη RAM η ΚΜΕ μπορεί να γράψει δεδομένα *(εγγραφή) ή να διαβάσει δεδομένα (ανάγνωση)*. Στην εγγραφή, η ΚΜΕ μεταφέρει σε μια θέση μνήμης ένα δεδομένο. Η μνήμη δέχεται τη διεύθυνση στην οποία θα γίνει η εγγραφή και τα περιεχόμενα που θα γραφούν στη θέση αυτή.

Στην ανάγνωση, τα περιεχόμενα μιας θέσης μεταφέρονται στην ΚΜΕ. Η μνήμη δέχεται τη διεύθυνση από την οποία θα διαβαστούν δεδομένα και επιστρέφει τα περιεχόμενα της θέσης αυτής.

Μονάδες Εισόδου - Εξόδου

Με τον όρο μονάδες εισόδου αναφερόμαστε στο σύνολο των συσκευών ή διατάξεων, που επιτρέπουν τη μετατροπή πληροφοριών (κείμενο, εικόνα, ήχο, video κ.λπ.) σε ψηφιακή αναπαράσταση, ώστε να εισαχθεί στον υπολογιστή (π.χ. *πληκτρολόγιο, ποντίκι, σαρωτής*). Οι μονάδες εξόδου μετατρέπουν την πληροφορία από ψηφιακή αναπαράσταση σε κείμενο, ήχο κ.λπ (π.χ. *οθόνη, εκτυπωτής*). Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για την είσοδο αλλά και για την έξοδο δεδομένων ονομάζονται μονάδες εισόδου και εξόδου (π.χ. *modems, κάρτες ήχου και video*).

Βοηθητική μνήμη

Στις μονάδες βοηθητικής μνήμης αποθηκεύονται δεδομένα τα οποία θα παραμείνουν και μετά τη λήξη της λειτουργίας του. Οι πιο γνωστές μονάδες βοηθητικής μνήμης είναι τα μαγνητικά και οπτικά μέσα αποθήκευσης (σκληροί δίσκοι, δισκέτες, μαγνητικές ταινίες, οπτικοί δίσκοι).

Διάδρομοι

Ένας διάδρομος είναι μια ομάδα αγωγών που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ των μονάδων του υπολογιστή.

Ο διάδρομος χωρίζεται λειτουργικά σε τρία μέρη: *το διάδρομο δεδομένων* (data bus), *το διάδρομο διευθύνσεων* (address bus) και το *διάδρομο ελέγχου* (control bus).

Μέσω του *διαδρόμου δεδομένων* μεταφέρονται τα δεδομένα που θέλουμε να γράψουμε ή να διαβάσουμε κάθε φορά (π.χ. τα δυαδικά ψηφία που συνθέτουν το περιεχόμενο μιας θέσης μνήμης, ενός καταχωρητή της ΚΜΕ, ή δεδομένα από κάποια άλλη μονάδα).

Μέσω του *διαδρόμου διευθύνσεων* μεταφέρονται δυαδικά ψηφία που σχηματίζουν τη διεύθυνση μιας θέσης μνήμης ή τη διεύθυνση μιας συσκευής εισόδου-εξόδου, δηλαδή προσδιορίζουν πού θα γραφτεί ή από πού θα διαβαστεί ένα δεδομένο.

Μέσω του *διαδρόμου ελέγχου* η ΚΜΕ πληροφορεί τη μνήμη ή τις περιφερειακές συσκευές για την ενέργεια που προτίθεται να κάνει (π.χ. να διαβάσει ή να γράψει δεδομένα).

Αξίζει να σημειωθεί ότι κάθε χρονική στιγμή μόνο δύο συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μέσω του διαδρόμου. Αν κάποια στιγμή επικοινωνεί μέσω του διαδρόμου η ΚΜΕ με τη μνήμη, μια μονάδα εισόδου δε μπορεί να στείλει δεδομένα, αλλά πρέπει να περιμένει να ολοκληρωθεί η επικοινωνία μεταξύ της ΚΜΕ και της κύριας μνήμης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πού χρησιμοποιείται το δυαδικό και πού το δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης;
2. Πού χρησιμεύει ένα σύνολο χαρακτήρων;
3. Ποια είναι τα πιο γνωστά σύνολα χαρακτήρων;
4. Από ποια τμήματα αποτελείται ένα υπολογιστικό σύστημα;

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Εκτελέστε τις ακόλουθες μετατροπές

- $(111)_2=(X)_{10}$
- $(FFA)_{16}=(X)_{10}$
- $(154)_{10} = (X)_{16}$
- $(22)_{10}=(X)_2$
- $(10010010)_2=(X)_{16}$
- $(65F)_{16}=(X)_2$

2. Εκτελέστε τις ακόλουθες πράξεις στο δυαδικό σύστημα

- 111 + 1001
- 111-11
- 11 x 10
- 1111 : 11

3. Εκτελέστε τις ακόλουθες πράξεις στο δεκαεξαδικό σύστημα

- AF9 + 11B
- AA9 - 1B8

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ***Κ.Ζ. Πεκμεστζή***, "Συστήματα Μικροϋπολογιστών", Εκδόσεις Συμμετρία, 1995.
2. ***Γ. Παπακωνσταντίνου, Π. Τσανάκας, Ν. Κοζύρης, Α. Μανουσοπούλου, Π. Ματζάκος,*** "Τεχνολογία Υπολογιστικών Συστημάτων και Λειτουργικά Συστήματα". ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1999.
3. ***Mano M. Morris***, "Ψηφιακή Σχεδίαση", Παπασωτηρίου 1992, Δεύτερη Έκδοση, Μετάφραση Απ. Τραγανίτης.