3 Αποθήκευση δεδομένων

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών ©
Εκδόσεις Κλειδάριθμος

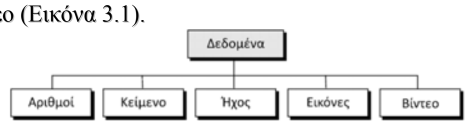
Στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου, ο σπουδαστής θα είναι σε θέση:

- ❑ **Να αναγνωρίζει τους πέντε τύπους δεδομένων που χρησιμοποιούνται μέσα σε έναν υπολογιστή.**
- ❑ **Να περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται διαφορετικά δεδομένα μέσα στον υπολογιστή.**
- ❑ **Να περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται οι ακέραιοι μέσα στον υπολογιστή.**
- ❑ **Να περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύονται οι πραγματικοί αριθμοί μέσα στον υπολογιστή.**
- ❑ **Να περιγράφει πώς αποθηκεύεται το κείμενο σε έναν υπολογιστή με διάφορα συστήματα κωδικοποίησης.**
- ❑ **Να περιγράφει πώς αποθηκεύεται ο ήχος σε έναν υπολογιστή με δειγματοληψία, κβάντωση, και κωδικοποίηση.**
- ❑ **Να περιγράφει τον τρόπο αποθήκευσης εικόνων σε έναν υπολογιστή με συνδυασμούς ράστερ και διανυσματικών γραφικών.**
- ❑ **Να περιγράφει τον τρόπο αποθήκευσης βίντεο σε έναν υπολογιστή ως αναπαράσταση εικόνων που μεταβάλλονται με τον χρόνο.**

3-1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δεδομένα σήμερα συναντώνται σε διάφορες μορφές, στις οποίες περιλαμβάνονται αριθμοί, κείμενο, ήχος, εικόνες, και βίντεο (Εικόνα 3.1).



Εικόνα 3.1 **Διαφορετικοί τύποι δεδομένων**

i

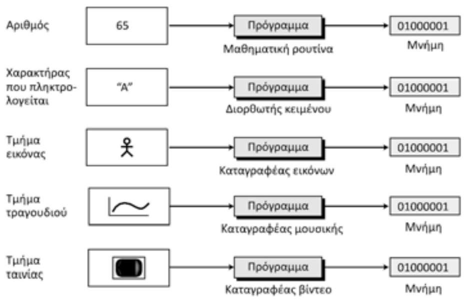
Για τον ορισμό των πληροφοριών που περιέχουν αριθμούς, κείμενο, εικόνες, ήχο, και βίντεο, η βιομηχανία των υπολογιστών χρησιμοποιεί τον όρο "πολυμέσα" (multimedia).

Τα δεδομένα στο εσωτερικό του υπολογιστή

Όλοι οι τύποι δεδομένων μετατρέπονται σε μια ενιαία αναπαράσταση όταν αποθηκεύονται στον υπολογιστή, και ξαναπαίρνουν την αρχική τους μορφή όταν ανακτώνται από αυτόν. Αυτή η καθολική αναπαράσταση ονομάζεται **σχήμα bit**.

1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1

Εικόνα 3.2 **Ένα σχήμα bit**



Εικόνα 3.3 **Αποθήκευση διαφορετικών τύπων δεδομένων**

Συμπίεση δεδομένων

Για να καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο μνήμης, τα δεδομένα συνήθως συμπιέζονται πριν αποθηκευτούν στον υπολογιστή. Η συμπίεση δεδομένων είναι ένα ευρύ και περίπλοκο θέμα, και γι' αυτό έχουμε αφιερώσει ολόκληρο το Κεφάλαιο 15 για την εξέτασή του.

i

Η συμπίεση δεδομένων περιγράφεται στο Κεφάλαιο 15.

Εντοπισμός και διόρθωση σφαλμάτων

Ένα άλλο ζήτημα το οποίο σχετίζεται με δεδομένα είναι ο εντοπισμός και η διόρθωση σφαλμάτων που προκύπτουν κατά τη μετάδοση ή την αποθήκευσή τους. Το θέμα αυτό περιγράφεται εν συντομία στο Παράρτημα Η.

i

Ο εντοπισμός και η διόρθωση σφαλμάτων περιγράφεται στο Παράρτημα Η.

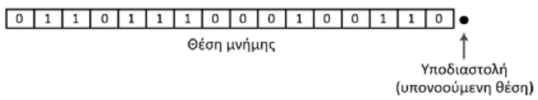
3-2 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΡΙΘΜΩΝ

Προτού οι **αριθμοί** αποθηκευτούν στη μνήμη του υπολογιστή, μετατρέπονται στο δυαδικό σύστημα, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 2. Ωστόσο, υπάρχουν δύο ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν:

1. Πώς αποθηκεύεται το πρόσημο του αριθμού.
2. Πώς αναπαρίσταται η υποδιαστολή.

Αποθήκευση ακεραίων

Οι ακέραιοι (integers) είναι ολόκληροι αριθμοί (δηλαδή αριθμοί χωρίς κλασματικό μέρος). Για παράδειγμα, οι αριθμοί 134 και -125 είναι ακέραιοι, ενώ οι 134,23 και -0,235 δεν είναι. Ως ακέραιος μπορεί να θεωρηθεί ένας αριθμός στον οποίο η θέση της υποδιαστολής είναι σταθερή: βρίσκεται στα δεξιά τού λιγότερο σημαντικού bit (του δεξιότερου). Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται η αναπαράσταση σταθερής υποδιαστολής για την αποθήκευση ακεραίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.4. Σε αυτή τη μορφή αναπαράστασης η υποδιαστολή υπονοείται όμως δεν αποθηκεύεται.



Εικόνα 3.4 **Αναπαράσταση σταθερής υποδιαστολής ακεραίων**

i

Οι ακέραιοι συνήθως αποθηκεύονται στη μνήμη με αναπαραστάσεις σταθερής υποδιαστολής.

Μη προσημασμένες αναπαραστάσεις

Ένας **μη προσημασμένος ακέραιος** είναι ένας ακέραιος που δεν μπορεί ποτέ να είναι αρνητικός και δέχεται μόνο θετικές τιμές ή το 0. Το διάστημα τιμών είναι μεταξύ 0 και του θετικού άπειρου.

Μια συσκευή εισόδου αποθηκεύει μη προσημασμένους ακεραίους ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. Ο ακέραιος μετατρέπεται στο δυαδικό σύστημα.
2. Αν ο αριθμός των bit είναι μικρότερος από *n*, τότε προστίθενται 0 στα αριστερά.

Παράδειγμα 3.1

Αποθηκεύστε τον αριθμό 7 σε μια θέση μνήμης 8 bit χρησιμοποιώντας μη προσημασμένη αναπαράσταση.

Λύση

Πρώτα μετατρέπουμε τον ακέραιο σε δυαδικό, $(111)_2$. Έπειτα, προσθέτουμε μηδενικά (0) ώστε να έχουμε συνολικά οκτώ bit, δηλαδή $(00000111)_2$. Ο ακέραιος τώρα αποθηκεύεται στη θέση μνήμης. Παρατηρήστε πως, για να δίνεται έμφαση στο γεγονός ότι ο ακέραιος είναι δυαδικός, χρησιμοποιείται ο δείκτης 2, ο οποίος όμως δεν αποθηκεύεται στον υπολογιστή.

Μετατρέπουμε το 7 σε δυαδικό αριθμό	→						1	1	1
Προσθέτουμε πέντε bit στα αριστερά	→	0	0	0	0	0	1	1	1

Παράδειγμα 3.2

Αποθηκεύστε τον αριθμό 258 σε μια θέση μνήμης 16 bit.

Λύση

Πρώτα μετατρέπουμε τον ακέραιο σε δυαδικό, $(100000010)_2$. Έπειτα προσθέτουμε επτά μηδενικά (0) ώστε συνολικά να έχουμε δεκαέξι bit, δηλαδή $(0000000100000010)_2$. Ο ακέραιος τώρα αποθηκεύεται στη θέση μνήμης.

Μετατρέπουμε το 258 σε δυαδικό αριθμό	→								1	0	0	0	0	0	0	1	0
Προσθέτουμε επτά bit στα αριστερά	→	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0

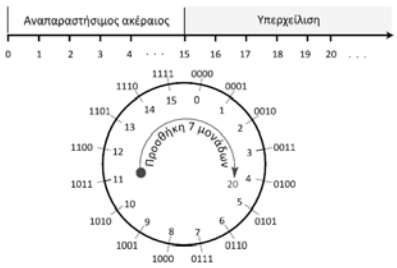
Παράδειγμα 3.3

Τι επιστρέφεται από μια συσκευή εξόδου όταν ανακτά τη συμβολοσειρά bit 00101011 από τη μνήμη ως μη προσημασμένο ακέραιο;

Λύση

Χρησιμοποιώντας τη διαδικασία που περιγράφεται στο Κεφάλαιο 2, μετατρέπουμε τον δυαδικό ακέραιο στον μη προσημασμένο ακέραιο 43.

Στην Εικόνα 3.5 βλέπετε τι συμβαίνει αν προσπαθήσουμε να αποθηκεύσουμε έναν ακέραιο που είναι μεγαλύτερος από $2^4 - 1 = 15$ σε μια θέση μνήμης η οποία μπορεί να δεχθεί μόνο τέσσερα bit.



Εικόνα 3.5 Υπερχείλιση σε μη προσημασμένους ακεραίους

Αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους

Με αυτή τη μέθοδο, το διαθέσιμο διάστημα τιμών για μη προσημασμένους ακεραίους (0 έως $2^n - 1$) διαιρείται σε δύο ίσα υποδιαστήματα. Το πρώτο αντιπροσωπεύει θετικούς ακεραίους, ενώ το δεύτερο αρνητικούς ακεραίους.

0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	1	2	3	4	5	6	7	−0	−1	−2	−3	−4	−5	−6	−7

Εικόνα 3.6 Αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους

i

Στην αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους, το αριστερότερο bit καθορίζει το πρόσημο του ακεραίου. Αν είναι 0 ο ακέραιος είναι θετικός, ενώ αν είναι 1 ο ακέραιος είναι αρνητικός.

Παράδειγμα 3.4

Αποθηκεύστε τον αριθμό +28 σε μια θέση μνήμης 8 bit χρησιμοποιώντας αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους.

Λύση

Ο ακέραιος μετατρέπεται σε δυαδικό 7 bit και το αριστερότερο bit ορίζεται σε 0. Τώρα μπορούμε να αποθηκεύσουμε τον αριθμό 8 bit.

Μετατροπή του 28 σε δυαδικό 7 bit		0	0	1	1	1	0	0
Προσθήκη του προσήμου και αποθήκευση		0	0	1	1	1	0	0

Παράδειγμα 3.5

Αποθηκεύστε τον αριθμό −28 σε μια θέση μνήμης 8 bit χρησιμοποιώντας αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους.

Λύση

Ο ακέραιος μετατρέπεται σε δυαδικό 7 bit. Το αριστερότερο bit ορίζεται σε 1. Τώρα μπορούμε να αποθηκεύσουμε τον αριθμό 8 bit.

Μετατροπή του 28 σε δυαδικό 7 bit		0	0	1	1	1	0	0
Προσθήκη του προσήμου και αποθήκευση		0	0	1	1	1	0	0

Παράδειγμα 3.6

Ανακτήστε τον ακέραιο που έχει αποθηκευτεί ως 01001101 σε αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους.

Λύση

Επειδή το αριστερότερο bit είναι 0, το πρόσημο είναι θετικό. Τα υπόλοιπα bit (1001101) μετατρέπονται στον δεκαδικό 77. Μετά την προσθήκη του προσήμου, ο ακέραιος είναι +77.

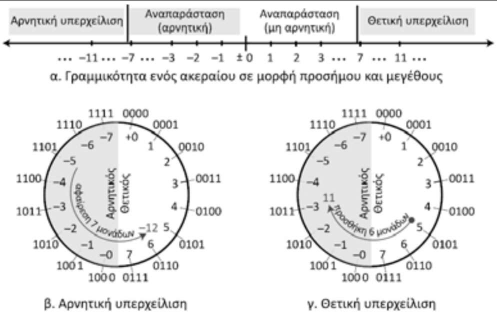
Παράδειγμα 3.7

Ανακτήστε τον ακέραιο που έχει αποθηκευτεί ως 10100001 σε αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους.

Λύση

Επειδή το αριστερότερο bit είναι 1, το πρόσημο είναι αρνητικό. Τα υπόλοιπα bit (0100001) μετατρέπονται στον δεκαδικό 33. Μετά την προσθήκη του προσήμου, ο ακέραιος είναι -33.

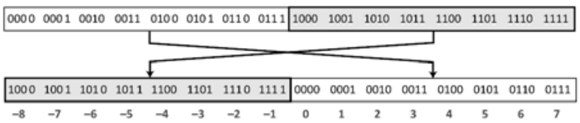
Στην Εικόνα 3.7 παρουσιάζεται τόσο η θετική όσο και η αρνητική υπερχείλιση που προκαλείται κατά την αποθήκευση ενός ακεραίου σε αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους σε μια θέση μνήμης 4 bit.



Εικόνα 3.7 Υπερχείλιση σε αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους

Αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο

Σχεδόν όλοι οι υπολογιστές χρησιμοποιούν την αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο για την αποθήκευση προσημασμένων ακεραίων σε θέσεις μνήμης *n* bit. Με αυτή τη μέθοδο, το διαθέσιμο διάστημα τιμών για μη προσημασμένους ακεραίους (από 0 έως $2^n - 1$) διαιρείται σε δύο ίσα υποδιαστήματα. Το πρώτο υποδιάστημα χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση μη αρνητικών ακεραίων, ενώ το δεύτερο για την αναπαράσταση αρνητικών ακεραίων. Στη συνέχεια τα σχήματα bit αντιστοιχίζονται σε αρνητικούς και μη αρνητικούς (δηλαδή μηδέν και θετικούς) ακεραίους, όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.8.



Εικόνα 3.8 Αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο

i

Στην αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο, το πρόσημο του ακεραίου καθορίζεται από το αριστερότερο bit. Αν είναι 0 ο ακέραιος είναι θετικός, ενώ αν είναι 1 ο ακέραιος είναι αρνητικός.

Πράξη συμπληρώματος ως προς ένα

Πριν περιγράψουμε με περισσότερες λεπτομέρειες αυτόν τον τύπο αναπαράστασης, πρέπει να εξηγήσουμε δύο πράξεις. Η πρώτη ονομάζεται ***συμπλήρωση ως προς ένα*** ή λήψη συμπληρώματος ως προς ένα του ακεραίου. Η πράξη αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιονδήποτε ακέραιο, θετικό ή αρνητικό, και απλώς αντιστρέφει κάθε bit. Δηλαδή, ένα bit 0 μετατρέπεται σε bit 1, και ένα bit 1 μετατρέπεται σε bit 0.

Παράδειγμα 3.8

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος λήψης του συμπληρώματος ως προς ένα τού ακεραίου 00110110.

Αρχικό σχήμα	0 0 1 1 0 1 1 0
Μετά την εφαρμογή της πράξης συμπληρώματος ως προς ένα	[redacted]

Παράδειγμα 3.9

Στη συνέχεια μπορείτε να δείτε ότι, αν εφαρμόσουμε δύο φορές την πράξη συμπληρώματος ως προς ένα, παίρνουμε τον αρχικό ακέραιο.

Αρχικό σχήμα	0	0	1	1	0	1	1	0
Πράξη συμπληρώματος ως προς ένα πρώτη φορά	[redacted]							
Πράξη συμπληρώματος ως προς ένα δεύτερη φορά	0	0	1	1	0	1	1	0

Πράξη συμπληρώματος ως προς δύο

Η δεύτερη πράξη ονομάζεται ***συμπλήρωση ως προς δύο*** ή λήψη συμπληρώματος ως προς δύο ενός ακεραίου στο δυαδικό σύστημα. Η πράξη αυτή εκτελείται σε δύο βήματα. **Πρώτα αντιγράφουμε bit από τα δεξιά μέχρι να φτάσουμε σε έναν άσσο (1), και έπειτα αντιστρέφουμε τα υπόλοιπα bit.**

Παράδειγμα 3.10

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο τρόπος λήψης του συμπληρώματος ως προς δύο του ακεραίου 00110100.

Αρχικός ακέραιος	0	0	1	1	0	1	0	0
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Πράξη συμπληρώματος ως προς δύο	[redacted]					1	0	0

Παράδειγμα 3.11

Στη συνέχεια μπορείτε να δείτε ότι, όταν εφαρμόζουμε δύο φορές την πράξη συμπληρώματος ως προς δύο, παίρνουμε πάντα τον αρχικό ακέραιο.

Αρχικός ακέραιος	0	0	1	1	0	1	0	0
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Πράξη συμπληρώματος ως προς δύο 1η φορά	[redacted]					1	0	0
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Πράξη συμπληρώματος ως προς δύο 2η φορά	[redacted]					1	0	0

i

Ένας εναλλακτικός τρόπος λήψης του συμπληρώματος ως προς δύο ενός ακεραίου είναι να πάρουμε πρώτα το συμπλήρωμα ως προς ένα και να προσθέσουμε μετά το 1 στο αποτέλεσμα.

Παράδειγμα 3.12

Αποθηκεύστε τον ακέραιο 28 σε μια θέση μνήμης 8 bit χρησιμοποιώντας αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο.

Λύση

Επειδή ο ακέραιος είναι θετικός (το οποίο υποδηλώνεται από την απουσία προσήμου), δεν απαιτείται καμία ενέργεια μετά τη μετατροπή του από δεκαδικό σε δυαδικό. Παρατηρήστε ότι στα αριστερά του ακεραίου προστίθενται τρία επιπλέον 0 ώστε συνολικά να έχουμε οκτώ bit.

Μετατροπή του 28 σε δυαδικό 8 bit	0	0	0	1	1	1	0	0

Παράδειγμα 3.13

Αποθηκεύστε το −28 σε μια θέση μνήμης 8 bit χρησιμοποιώντας αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο.

Λύση

Επειδή ο ακέραιος είναι αρνητικός, μετά τη μετατροπή του σε δυαδικό ο υπολογιστής εφαρμόζει σε αυτόν την πράξη συμπληρώματος ως προς δύο.

Μετατροπή του 28 σε δυαδικό 8 bit	0	0	0	1	1	1	0	0
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Εφαρμογή της πράξης συμπληρώματος ως προς δύο	[redacted]					1	0	0

Παράδειγμα 3.14

Ανακτήστε τον ακέραιο που είναι αποθηκευμένος στη μνήμη ως 00001101 σε μορφή συμπληρώματος ως προς δύο.

Λύση

Επειδή το αριστερότερο bit είναι 0, το πρόσημο είναι θετικό. Ο ακέραιος μετατρέπεται σε δεκαδικό και προστίθεται το πρόσημο.

Το αριστερότερο bit είναι 0. Το πρόσημο είναι θετικό	0	0	0	0	1	1	0	1	
Μετατροπή του ακεραίου σε δεκαδικό									13
Προσθήκη του προσήμου (προαιρετικό)									+13

Παράδειγμα 3.15

Ανακτήστε τον ακέραιο που είναι αποθηκευμένος στη μνήμη ως 11100110 χρησιμοποιώντας μορφή συμπληρώματος ως προς δύο.

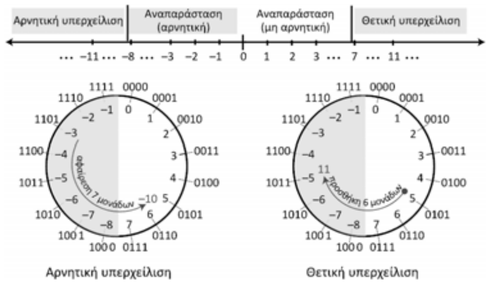
Λύση

Επειδή το αριστερότερο bit είναι 1, ο ακέραιος είναι αρνητικός. Πριν τη μετατροπή του ακεραίου σε δεκαδικό, χρειαζόμαστε το συμπλήρωμά του ως προς δύο.

Το αριστερότερο bit είναι 1. Το πρόσημο είναι αρνητικό	1 1 1 0 0 1 1 0
	↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓
Εφαρμογή της πράξης συμπληρώματος ως προς δύο	[redacted] 1 0
Μετατροπή του ακεραίου σε δεκαδικό	26
Προσθήκη του προσήμου	–26

i

Στον συμβολισμό συμπληρώματος ως προς δύο υπάρχει μόνο ένα μηδέν.



Εικόνα 3.9 **Υπερχείλιση σε αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο**

Σύγκριση

Πίνακας 3.1 **Περίληψη αναπαραστάσεων ακεραίων**

Περιεχόμενα μνήμης	*Μη προσημασμένη μορφή*	*Μορφή προσήμου και μεγέθους*	*Μορφή συμπληρώματος ως προς δύο*
0000	0	0	+0
0001	1	1	+1
0010	2	2	+2
0011	3	3	+3
0100	4	4	+4
0101	5	5	+5
0110	6	6	+6
0111	7	7	+7
1000	8	–0	–8
1001	9	–1	–7
1010	10	–2	–6
1011	11	–3	–5
1100	12	–4	–4
1101	13	–5	–3
1110	14	–6	–2
1111	15	–7	–1

Αποθήκευση πραγματικών αριθμών

Πραγματικός είναι ένας αριθμός που αποτελείται από ένα ακέραιο και ένα κλασματικό μέρος. Για παράδειγμα, ο 23,7 είναι πραγματικός αριθμός — το ακέραιο μέρος είναι το 27 και το κλασματικό μέρος είναι το 7/10. Παρόλο που για την αναπαράσταση ενός πραγματικού αριθμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί αναπαράσταση σταθερής υποδιαστολής, το αποτέλεσμα ίσως να μην είναι σωστό ή πιθανόν να μην έχει την απαιτούμενη ακρίβεια. Στα επόμενα δύο παραδείγματα εξηγείται ο λόγος.

i

Οι πραγματικοί αριθμοί με πολύ μεγάλο ακέραιο μέρος ή πολύ μικρό κλασματικό μέρος δεν πρέπει να αποθηκεύονται σε αναπαράσταση σταθερής υποδιαστολής.

Παράδειγμα 3.16

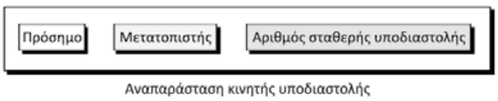
Ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε στο δεκαδικό σύστημα μια αναπαράσταση σταθερής υποδιαστολής με δύο ψηφία στα δεξιά της υποδιαστολής και δεκατέσσερα ψηφία στα αριστερά της υποδιαστολής, ώστε να έχουμε σύνολο δεκαέξι ψηφία. Η ακρίβεια ενός πραγματικού αριθμού σε αυτό το σύστημα χάνεται όταν προσπαθήσουμε να αναπαραστήσουμε έναν δεκαδικό αριθμό, όπως για παράδειγμα τον 1,00234: σε αυτό το σύστημα ο αριθμός αποθηκεύεται ως 1,00.

Παράδειγμα 3.17

Ας υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε στο δεκαδικό σύστημα μια αναπαράσταση σταθερής υποδιαστολής με έξι ψηφία στα δεξιά της υποδιαστολής και δέκα ψηφία στα αριστερά της υποδιαστολής, ώστε να έχουμε σύνολο δεκαέξι ψηφία. Και σε αυτή την περίπτωση, η ακρίβεια ενός πραγματικού αριθμού σε αυτό το σύστημα χάνεται όταν προσπαθήσουμε να αναπαραστήσουμε έναν δεκαδικό αριθμό, όπως για παράδειγμα τον 236154302345,00. Σε αυτό το σύστημα ο αριθμός αποθηκεύεται ως 6154302345,00, δηλαδή το ακέραιο μέρος είναι πολύ μικρότερο από ό,τι θα έπρεπε.

Αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής

Η λύση για τη διατήρηση της ορθότητας ή της ακρίβειας είναι η χρήση **αναπαράστασης κινητής υποδιαστολής**.



Εικόνα 3.10 **Τα τρία μέρη ενός πραγματικού αριθμού σε αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής**

i

Η αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής ενός αριθμού αποτελείται από τρία τμήματα: ένα πρόσημο, έναν μετατοπιστή, και έναν αριθμό σταθερής υποδιαστολής.

Παράδειγμα 3.18

Ακολουθεί ο δεκαδικός αριθμός

7.452.000.000.000.000.000.000,00

σε επιστημονικό συμβολισμό (αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής).

Πραγματικός αριθμός	→	+	7.425.000.000.000.000.000.000,00
Επιστημονικός συμβολισμός	→	+	$7{,}425 \times 10^{21}$

Τα τρία τμήματα είναι το **πρόσημο** (+), ο **μετατοπιστής** (21), και το **τμήμα σταθερής υποδιαστολής** (7,425). Παρατηρήστε ότι ο μετατοπιστής είναι ο εκθέτης.

Παράδειγμα 3.19

Γράψτε τον αριθμό

−0,0000000000000232

σε επιστημονικό συμβολισμό (αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής).

Λύση

Θα χρησιμοποιήσουμε την ίδια προσέγγιση που εφαρμόσαμε στο προηγούμενο παράδειγμα — δηλαδή θα μετακινήσουμε την υποδιαστολή μετά από το ψηφίο 2, όπως βλέπετε στη συνέχεια:

Πραγματικός αριθμός	→	−	0,0000000000000232
Επιστημονικός συμβολισμός	→	−	$2{,}32 \times 10^{-14}$

Τα τρία τμήματα είναι το **πρόσημο** (−), ο **μετατοπιστής** (−14), και **το τμήμα σταθερής υποδιαστολής** (2,32). Παρατηρήστε ότι ο μετατοπιστής είναι ο εκθέτης.

Παράδειγμα 3.20

Γράψτε τον αριθμό

$(101001000000000000000000000000000{,}00)_2$

σε αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής.

Λύση

Και εδώ χρησιμοποιούμε την ίδια ιδέα, δηλαδή διατηρούμε μόνο ένα ψηφίο στα αριστερά της υποδιαστολής.

Πραγματικός αριθμός	→	+	$(101001000000000000000000000000000{,}00)_2$
Επιστημονικός συμβολισμός	→	+	$1{,}01001 \times 2^{32}$

Παράδειγμα 3.21

Γράψτε τον αριθμό

−(0,00000000000000000000000101)2

σε αναπαράσταση κινητής υποδιαστολής.

Λύση

Και πάλι χρησιμοποιούμε την ίδια ιδέα, δηλαδή διατηρούμε μόνο ένα ψηφίο στα αριστερά της υποδιαστολής.

Πραγματικός αριθμός	→	−	$(0{,}00000000000000000000000101)_2$
Επιστημονικός συμβολισμός	→	−	$1{,}01 \times 2^{-24}$

Κανονικοποίηση

Για λόγους ομοιομορφίας στην αναπαράσταση του σταθερού τμήματος, τόσο στη μέθοδο επιστημονικού συμβολισμού (για το δεκαδικό σύστημα) όσο και στη μέθοδο αναπαράστασης κινητής υποδιαστολής (για το δυαδικό σύστημα) χρησιμοποιείται μόνο ένα μη μηδενικό ψηφίο στα αριστερά της υποδιαστολής. Αυτό ονομάζεται **κανονικοποίηση**. Στο δεκαδικό σύστημα αυτό το ψηφίο μπορεί να έχει τιμή από 1 έως 9, ενώ στο δυαδικό σύστημα μπορεί να είναι μόνο 1. Στο ακόλουθο παράδειγμα, το *d* είναι ένα μη μηδενικό ψηφίο, το *x* είναι ψηφίο, και το *y* είναι είτε 0 είτε 1.

Δεκαδικός	→	±	*d,xxxxxxxxxxxxxx*	**Σημείωση: το *d* έχει τιμή από 1 έως 9 και κάθε *x* έχει τιμή από 0 έως 9**
Δυαδικός	→	±	1,*yyyyyyyyyyyyyy*	**Σημείωση: κάθε *y* είναι 0 ή 1**

+	2^6	x	01,0001110101
+	6		0001110101
↑	↑		↑
Πρόσημο	Εκθέτης		Σημαινόμενο τμήμα

i

Παρατηρήστε ότι η υποδιαστολή και το bit 1 αριστερά από το τμήμα σταθερής υποδιαστολής δεν αποθηκεύονται — εννοούνται.

i

Το σημαινόμενο τμήμα είναι ένα κλασματικό μέρος το οποίο, μαζί με το πρόσημο, αντιμετωπίζεται ως ακέραιος που αποθηκεύεται σε αναπαράσταση προσήμου και μεγέθους.

Σύστημα πλεονάσματος

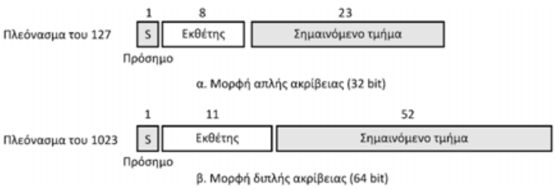
Ο εκθέτης, δηλαδή η δύναμη που δείχνει κατά πόσα bit πρέπει να μετακινηθεί η υποδιαστολή προς τα αριστερά ή τα δεξιά, είναι ένας προσημασμένος αριθμός. Παρόλο που θα μπορούσε να αποθηκευτεί με αναπαράσταση συμπληρώματος ως προς δύο, για την αποθήκευσή του χρησιμοποιείται μια νέα αναπαράσταση η οποία ονομάζεται **σύστημα πλεονάσματος** (Excess system). Στο σύστημα πλεονάσματος, και οι θετικοί και οι αρνητικοί ακέραιοι αποθηκεύονται ως μη προσημασμένοι. Για την αναπαράσταση ενός θετικού ή αρνητικού ακεραίου, προστίθεται ένας θετικός ακέραιος (που ονομάζεται "πόλωση", bias) σε κάθε αριθμό ώστε όλοι οι αριθμοί να "μετατοπιστούν" ομοιόμορφα προς τη μη αρνητική πλευρά. Η τιμή αυτής της πόλωσης είναι $2^{m-1} - 1$, όπου m είναι το μέγεθος της θέσης μνήμης στην οποία θα αποθηκευτεί ο εκθέτης.

Παράδειγμα 3.22

Μπορούμε να εκφράσουμε δεκαέξι ακεραίους σε ένα αριθμητικό σύστημα με δέσμευση 4 bit. Με την προσθήκη επτά μονάδων σε κάθε ακέραιο σε αυτό το διάστημα τιμών, μπορούμε να μεταφράσουμε ομοιόμορφα όλους τους ακεραίους προς τα δεξιά και να τους κάνουμε θετικούς χωρίς να αλλάξουμε τις σχετικές μεταξύ τους θέσεις, όπως βλέπετε στην εικόνα. Αυτό το νέο σύστημα αναφέρεται ως πλεόνασμα 7, ή αναπαράσταση πόλωσης με τιμή πόλωσης το 7.

Εικόνα 3.11 **Μετατόπιση σε αναπαράσταση πλεονάσματος**

Πρότυπα IEEE



Εικόνα 3.12 **Πρότυπα IEEE για την αναπαράσταση αριθμών κινητής υποδιαστολής**

Προδιαγραφές IEEE

Πίνακας 3.2 Προδιαγραφές των δύο προτύπων IEEE για αναπαράσταση αριθμών κινητής υποδιαστολής

Παράμετρος	*Απλή ακρίβεια*	*Διπλή ακρίβεια*
Μέγεθος θέσης μνήμης (πλήθος bit)	32	64
Μέγεθος προσήμου (πλήθος bit)	1	1
Μέγεθος εκθέτη (πλήθος bit)	8	11
Μέγεθος σημαινόμενου τμήματος (πλήθος bit)	23	52
Πόλωση (ακέραιος)	127	1023

Παράδειγμα 3.23

Βρείτε την αναπαράσταση πλεονάσματος του 127 (απλής ακρίβειας) του δεκαδικού αριθμού 5,75.

Λύση

α. Το πρόσημο είναι θετικό, επομένως S = 0.
β. Μετατροπή του δεκαδικού σε δυαδικό: 5,75 = $(101{,}11)_2$.
γ. Κανονικοποίηση: $(101{,}11)_2 = (1{,}1011)_2 \times 2^2$.
δ. E = 2 + 127 = 129 = $(10000001)_2$, M = 1011. Δεξιά από το M πρέπει να προσθέσουμε δεκαεννιά μηδενικά ώστε να έχουμε συνολικά 23 bit.
ε. Εδώ φαίνεται η αναπαράσταση:

0	**10000001**	**1011**0000000000000000000
S	**E**	**M**

Ο αριθμός αποθηκεύεται στον υπολογιστή ως

01000000110110000000000000000000

Παράδειγμα 3.24

Βρείτε την αναπαράσταση πλεονάσματος του 127 (απλής ακρίβειας) του δεκαδικού αριθμού -161,875.

Λύση

α. Το πρόσημο είναι αρνητικό, επομένως S = 1.
β. Μετατροπή του δεκαδικού σε δυαδικό: 161,875= $(10100001{,}111)_2$.
γ. Κανονικοποίηση: $(10100001.111)_2 = (1{,}0100001111)_2 \times 2^7$.
δ. E = 7 + 127 = 134 = $(10000110)_2$ και M = $(0100001111)_2$.
ε. Αναπαράσταση:

1	**10000110**	**0100001111**0000000000000
S	**E**	**M**

Ο αριθμός αποθηκεύεται στον υπολογιστή ως

11000011010000111100000000000000

Παράδειγμα 3.25

Βρείτε την αναπαράσταση πλεονάσματος του 127 (απλής ακρίβειας) του δεκαδικού αριθμού -0,0234375.

Λύση

α. S = 1 (ο αριθμός είναι αρνητικός).
β. Μετατροπή του δεκαδικού σε δυαδικό: 0,0234375 = $(0,0000011)_2$.
γ. Κανονικοποίηση: $(0,0000011)_2 = (1,1)_2 \times 2^{-6}$.
δ. $E = -6 + 127 = 121 = (01111001)_2$ και $M = (1)_2$.
ε. Αναπαράσταση:

1	01111001	10000000000000000000000
S	E	M

Ο αριθμός αποθηκεύεται στον υπολογιστή ως

10111100110000000000000000000000

Παράδειγμα 3.26

Το σχήμα bit $(11001010000000000111000100001111)_2$ αποθηκεύεται στη μνήμη σε μορφή πλεονάσματος του 127. Βρείτε την τιμή του αριθμού σε δεκαδικό συμβολισμό.

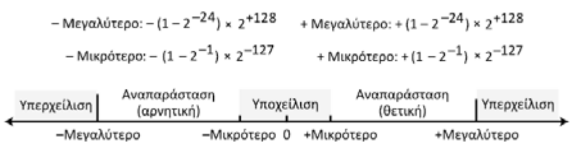
Λύση

α. Το πρώτο bit αναπαριστά το S, τα επόμενα οκτώ bit το E, και τα υπόλοιπα 23 bit το M.

S	E	M
1	10010100	00000000111000100001111

β. Το πρόσημο είναι αρνητικό.
γ. Ο μετατοπιστής = E − 127 = 148 − 127 = 21.
δ. Η αποκανονικοποίηση μας δίνει $(1,00000000111000100001111)_2 \times 2^{21}$.
ε. Ο δυαδικός αριθμός είναι $(1000000001110001000011,11)_2$.
στ. Η απόλυτη τιμή είναι 2.104.378,75.
ζ. Ο αριθμός είναι **−2.104.378,75**.

Υπερχείλιση και υποχείλιση



Εικόνα 3.13 **Υπερχείλιση και υποχείλιση στην αναπαράσταση πραγματικών αριθμών κινητής υποδιαστολής**

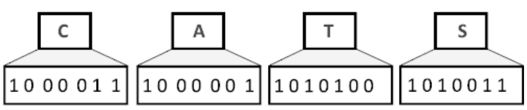
Αποθήκευση του μηδέν

Ένας πραγματικός αριθμός του οποίου το ακέραιο μέρος και το κλασματικό μέρος είναι μηδέν, δηλαδή ο 0,0, δεν μπορεί να αποθηκευτεί με τα βήματα που περιγράφηκαν παραπάνω. Για την αντιμετώπιση αυτής της ειδικής περίπτωσης, ισχύει η παραδοχή ότι το πρόσημο, ο εκθέτης, και το σημαινόμενο τμήμα είναι όλα 0.

3-3 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

Σε οποιαδήποτε γλώσσα, ένα τμήμα κειμένου είναι μια ακολουθία συμβόλων που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση μιας ιδέας στη συγκεκριμένη γλώσσα. Για παράδειγμα, η Αγγλική γλώσσα διαθέτει 26 σύμβολα (A, B, C,…, Z) για την αναπαράσταση κεφαλαίων γραμμάτων, 26 σύμβολα (a, b, c, …, z) για την αναπαράσταση πεζών γραμμάτων, δέκα σύμβολα (0, 1, 2, …, 9) για την αναπαράσταση αριθμητικών χαρακτήρων, και σύμβολα (., ?, :, ; , …, !) για την αναπαράσταση σημείων στίξης. Άλλα σύμβολα, όπως το κενό διάστημα, ο χαρακτήρας αλλαγής γραμμής, και ο χαρακτήρας στηλοθέτη (tab) χρησιμοποιούνται για τη στοίχιση του κειμένου και τη βελτίωση της αναγνωσιμότητας.

Κάθε σύμβολο μπορεί να αναπαρασταθεί από ένα σχήμα bit. Με άλλα λόγια, η λέξη "CATS", η οποία αποτελείται από τέσσερα σύμβολα, μπορεί να αναπαρασταθεί με τέσσερα σχήματα *n* bit, καθένα από τα οποία ορίζει ένα συγκεκριμένο σύμβολο (Εικόνα 3.14).



Εικόνα 3.14 **Αναπαράσταση συμβόλων με σχήματα bit**

Πίνακας 3.3 **Πλήθος συμβόλων και μήκος σχήματος bit**

Πλήθος συμβόλων	*Μήκος σχήματος bit*	*Πλήθος συμβόλων*	*Μήκος σχήματος bit*
2	1	128	7
4	2	256	8
8	3	65.536	16
16	4	4.294.967.296	32

Κώδικες

- ASCII
- Unicode
- Άλλοι κώδικες

i

Δείτε το Παράρτημα Α

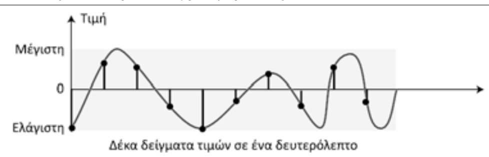
3-4 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΗΧΟΥ

Ο όρος **audio** (ήχος) αναφέρεται στην αναπαράσταση ήχου ή μουσικής. Ο ήχος, από τη φύση του, διαφέρει από τους αριθμούς ή το κείμενο που έχουμε ήδη περιγράψει. Το κείμενο αποτελείται από **μετρήσιμες οντότητες** (χαρακτήρες), το οποίο σημαίνει ότι μπορούμε να μετρούμε το πλήθος των χαρακτήρων. Το κείμενο είναι ένα παράδειγμα **ψηφιακών δεδομένων**. Αντίθετα, ο ήχος δεν είναι μετρήσιμος. Ο ήχος είναι ένα παράδειγμα **αναλογικών δεδομένων**. Ακόμα και αν έχουμε τη δυνατότητα να μετρήσουμε όλες τις τιμές της έντασης του ήχου σε μια χρονική περίοδο, δεν μπορούμε να τις αποθηκεύσουμε στη μνήμη του υπολογιστή αφού θα χρειαζόταν ένα απεριόριστο πλήθος θέσεων μνήμης. Στην Εικόνα 3.15 παρουσιάζεται η φύση ενός αναλογικού σήματος, όπως του ήχου, το οποίο μεταβάλλεται με τον χρόνο.

Εικόνα 3.15 Ένα ηχητικό σήμα

Δειγματοληψία

Αν δεν έχουμε τη δυνατότητα να καταγράψουμε όλες τις τιμές ενός ηχητικού σήματος σε μια χρονική περίοδο, μπορούμε να καταγράψουμε τουλάχιστον μερικές από αυτές. Δειγματοληψία είναι η επιλογή μόνο ενός πεπερασμένου πλήθους σημείων του αναλογικού σήματος, η μέτρηση των τιμών τους, και η καταγραφή τους.



Εικόνα 3.16 Δειγματοληψία ενός ηχητικού σήματος

Κβάντωση

Η τιμή που λαμβάνεται για κάθε δείγμα είναι ένας πραγματικός αριθμός. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε δείγμα του ενός δευτερολέπτου μπορούμε να αποθηκεύσουμε 40.000 πραγματικές τιμές. Ωστόσο, είναι πιο απλό να χρησιμοποιήσουμε έναν μη προσημασμένο ακέραιο (δηλαδή ένα σχήμα bit) για κάθε δείγμα. Η κβάντωση αναφέρεται στη διαδικασία στρογγυλοποίησης της τιμής ενός δείγματος στην πλησιέστερη ακέραια τιμή. Για παράδειγμα, αν η πραγματική τιμή είναι 17,2, τότε μπορεί να στρογγυλοποιηθεί προς τα κάτω στο 17. Παρόμοια, αν η τιμή είναι 17,7, τότε μπορεί να στρογγυλοποιηθεί προς τα πάνω στο 18.

Κωδικοποίηση

Οι τιμές των κβαντωμένων δειγμάτων πρέπει να κωδικοποιούνται ως σχήματα bit. Σε ορισμένα συστήματα εκχωρούνται θετικές και αρνητικές τιμές στα δείγματα, ενώ σε άλλα απλώς μετατοπίζεται η καμπύλη προς το θετικό μέρος και εκχωρούνται μόνο θετικές τιμές.

Αν δεχθούμε ότι B είναι το **βάθος bit** ή το πλήθος bit ανά δείγμα, και S το πλήθος των δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο, τότε για κάθε δευτερόλεπτο ήχου πρέπει να αποθηκεύσουμε S × B bit. Το γινόμενο αυτό ορισμένες φορές αναφέρεται ως **ρυθμός bit**, R. Για παράδειγμα, αν χρησιμοποιήσουμε 40.000 δείγματα ανά δευτερόλεπτο και 16 bit για κάθε δείγμα, ο ρυθμός bit είναι

R = 40.000 × 16 = 640.000 bit ανά δευτερόλεπτο

Πρότυπα κωδικοποίησης ήχου

Σήμερα το επικρατέστερο πρότυπο για την αποθήκευση ήχου είναι το **MP3** (συντομογραφία του **MPEG Layer 3**). Το συγκεκριμένο πρότυπο αποτελεί τροποποίηση της μεθόδου συμπίεσης **MPEG** (**Motion Picture Experts Group**) που χρησιμοποιείται για βίντεο. Χρησιμοποιεί 44.100 δείγματα ανά δευτερόλεπτο και 16 bit ανά δείγμα. Το αποτέλεσμα είναι ένα σήμα με ρυθμό 705.600 bit ανά δευτερόλεπτο, το οποίο συμπιέζεται με μια μέθοδο συμπίεσης που απορρίπτει πληροφορίες οι οποίες δεν γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο αυτί. Η συγκεκριμένη μέθοδος συμπίεσης ονομάζεται απωλεστική. Η άλλη μέθοδος συμπίεσης, η μη απωλεστική, περιγράφεται στο **Κεφάλαιο 15**.

3-5 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ

Οι εικόνες αποθηκεύονται στους υπολογιστές με τη χρήση δύο διαφορετικών τεχνικών: ως **γραφικά ράστερ** και ως **διανυσματικά γραφικά**.

Γραφικά ράστερ

Τα **γραφικά ράστερ** (ή **ψηφιογραφικές εικόνες**, bitmap) χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση αναλογικών εικόνων, όπως φωτογραφιών. Μια φωτογραφία αποτελείται από αναλογικά δεδομένα, παρόμοια με τις ηχητικές πληροφορίες. Η διαφορά είναι ότι η ένταση (χρώμα) των δεδομένων μεταβάλλεται ως προς τον χώρο και όχι ως προς τον χρόνο. Αυτό σημαίνει ότι τα δεδομένα πρέπει να λαμβάνονται με δειγματοληψία. Ωστόσο, η δειγματοληψία σε αυτή την περίπτωση συνήθως ονομάζεται **σάρωση**. Επίσης, τα δείγματα ονομάζονται **πίξελ** (pixel, από τη φράση picture element, που σημαίνει στοιχείο εικόνας ή εικονοστοιχείο).

Ανάλυση

Όπως και στη δειγματοληψία ήχου, κατά τη σάρωση εικόνων πρέπει να αποφασίζουμε πόσα πίξελ πρέπει να καταγράψουμε για κάθε τετράγωνο ή γραμμική ίντσα. Ο ρυθμός σάρωσης στην επεξεργασία εικόνων ονομάζεται **ανάλυση**. Αν η ανάλυση είναι αρκετά υψηλή, το ανθρώπινο μάτι δεν μπορεί να διακρίνει τις ασυνέχειες στις αναπαραγόμενες εικόνες.

Βάθος χρώματος

Το πλήθος των bit που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση ενός πίξελ, δηλαδή το **βάθος χρώματος**, εξαρτάται από τον τρόπο χειρισμού του χρώματος του πίξελ από τις διαφορετικές τεχνικές κωδικοποίησης. Η αντίληψη του χρώματος έχει να κάνει με το πώς αντιδρούν τα μάτια μας σε μια ακτίνα φωτός. Το ανθρώπινο μάτι έχει διαφορετικούς τύπους κυττάρων φωτοδεκτών: ορισμένα από αυτά αντιδρούν στα τρία βασικά χρώματα, το κόκκινο, το πράσινο, και το μπλε (τα οποία συλλογικά αναφέρονται ως **RGB**, από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων red, green, και blue), ενώ άλλα απλώς αντιδρούν στην ένταση του φωτός.

Φυσικά χρώματα

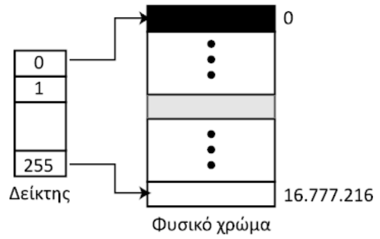
Μία από τις τεχνικές που εφαρμόζονται για την κωδικοποίηση πίξελ, η οποία ονομάζεται φυσικό χρώμα, χρησιμοποιεί **24** bit για την κωδικοποίηση κάθε πίξελ.

Πίνακας 3.4 Ορισμένα χρώματα που ορίζονται ως φυσικά χρώματα

Χρώμα	*Κόκκινο*	*Πράσινο*	*Μπλε*	*Χρώμα*	*Κόκκινο*	*Πράσινο*	*Μπλε*
Μαύρο	0	0	0	**Κίτρινο**	255	255	0
Κόκκινο	255	0	0	**Κυανό**	0	255	255
Πράσινο	0	255	0	**Ματζέντα**	255	0	255
Μπλε	0	0	255	**Λευκό**	255	255	255

Δεικτοδοτημένα χρώματα

Στο μοντέλο **δεικτοδοτημένων χρωμάτων**, ή **χρωμάτων παλέτας**, χρησιμοποιείται μόνο ένα τμήμα αυτών των χρωμάτων.



Εικόνα 3.17 **Σχέση του μοντέλου δεικτοδοτημένων χρωμάτων με το μοντέλο φυσικών χρωμάτων**

Για παράδειγμα, μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή υψηλής ποιότητας χρησιμοποιεί περίπου τρία εκατομμύρια πίξελ για τη δημιουργία μιας φωτογραφίας διαστάσεων 7,6 × 12,7 εκατοστά. Στη συνέχεια παρουσιάζεται το πλήθος των bit που πρέπει να αποθηκεύονται με τη χρήση κάθε μοντέλου:

Φυσικά χρώματα:	3.000.000	x	24	=	72.000.000
Δεικτοδοτημένα χρώματα:	3.000.000	x	8	=	24.000.000

Πρότυπα κωδικοποίησης εικόνων

Υπάρχουν αρκετά καθιερωμένα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση εικόνων. Το **JPEG** (Joint Photographic Experts Group, Ομάδα Ενωμένων Ειδικών στη Φωτογραφία) χρησιμοποιεί το μοντέλο φυσικών χρωμάτων, όμως οι εικόνες συμπιέζονται ώστε να μειώνεται το πλήθος των bit (δείτε το Κεφάλαιο 15). Το **GIF** (Graphic Interchange Format, Μορφή Ανταλλαγής Γραφικών), από την άλλη, χρησιμοποιεί το μοντέλο δεικτοδοτημένων χρωμάτων.

3.67

Διανυσματικά γραφικά

Τα **γραφικά ράστερ** έχουν δύο μειονεκτήματα: τα μεγέθη αρχείων είναι μεγάλα και η αλλαγή μεγέθους είναι δυσχερής. Αν θελήσουμε να μεγαλώσουμε μια εικόνα ράστερ θα πρέπει να αυξήσουμε το μέγεθος των πίξελ, με αποτέλεσμα η μεγεθυμένη εικόνα να έχει τραχιά, "οδοντωτή" εμφάνιση. Αντίθετα, με τη μέθοδο κωδικοποίησης των **διανυσματικών γραφικών** δεν αποθηκεύονται τα σχήματα bit για κάθε πίξελ. Μια εικόνα αναλύεται σε έναν συνδυασμό από γεωμετρικά σχήματα, όπως ευθύγραμμα τμήματα, τετράγωνα, ή κύκλους.

Ας πάρουμε για παράδειγμα έναν κύκλο με ακτίνα *r*. Οι βασικές πληροφορίες που χρειάζεται ένα πρόγραμμα για να σχεδιάσει τον κύκλο είναι οι εξής:

1. Η ακτίνα *r* και η εξίσωση ενός κύκλου.
2. Η θέση του κέντρου του κύκλου.
3. Το στυλ και το χρώμα του περιγράμματος.
4. Το στυλ και το χρώμα του γεμίσματος.

3.68

3-6 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΒΙΝΤΕΟ

Ο όρος **βίντεο** αναφέρεται στην αναπαράσταση εικόνων (ονομάζονται **καρέ**) με το πέρασμα του χρόνου. Μια ταινία είναι μια ακολουθία καρέ τα οποία προβάλλονται το ένα μετά το άλλο. Με άλλα λόγια, το βίντεο είναι η αναπαράσταση πληροφοριών που μεταβάλλονται στον χώρο και στον χρόνο. Έτσι, αν γνωρίζουμε πώς να αποθηκεύσουμε μια εικόνα στον υπολογιστή, γνωρίζουμε επίσης και πώς να αποθηκεύσουμε βίντεο: κάθε εικόνα ή καρέ μετατρέπεται σε ένα σύνολο από σχήματα bit και κατόπιν αποθηκεύεται. Ο συνδυασμός των εικόνων αναπαριστά το βίντεο.

i

Για πληροφορίες σχετικά με τη συμπίεση βίντεο, δείτε το Κεφάλαιο 15.

3.69