

Περιφερειακές Μνήμες



Κεφάλαιο

ΠΕΡΙΓΡΑΜΜΑ

- | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 4.1 Περιφερειακές μονάδες αποθήκευσης | 4.5 Ταινίες |
| 4.2 Ο σκληρός δίσκος | 4.6 Οπτικοί δίσκοι |
| 4.3 Μονάδες αποσπώμενου μέσου | 4.7 Μνήμες flash |
| 4.4 Φορητοί μαγνητικοί δίσκοι | 4.8 Χρήσιμα στοιχεία μνημών |

ΣΤΟΧΟΙ

Η ανάπτυξη του κεφαλαίου στοχεύει στην:

- Εξοικείωση με τα περιφερειακά μέσα αποθήκευσης και τις ανάγκες που αυτά εξυπηρετούν.
- Γνωριμία με τον σκληρό δίσκο, εξοικείωση με τη φυσική δομή του και τον τρόπο που αποθηκεύονται τα δεδομένα σε αυτόν.
- Γνωριμία με διάφορες μεθόδους επίτευξης διασφάλισης των δεδομένων και συστήματα αποθήκευσης για υπολογιστές υψηλών απαιτήσεων.
- Εξοικείωση με τις μονάδες μέτρησης χωρητικότητας στα διάφορα μέσα αποθήκευσης.
- Γνωριμία με τις αποθηκευτικές μονάδες αποσπώμενου μέσου. Ανάδειξη καθοριστικών χαρακτηριστικών τους.

Εκτός από την κεντρική μνήμη που εξετάστηκε στο κεφάλαιο 3 και η οποία χρησιμοποιείται για την αποθήκευση προγραμμάτων, ενόσω αυτά βρίσκονται σε κατάσταση εκτέλεσης και των αντίστοιχων δεδομένων, μια άλλη κατηγορία μνημών που χρησιμοποιούνται για αποθήκευση στον ενδιάμεσο της εκτέλεσης χρόνο, ομαδοποιείται κάτω από τον όρο, περιφερειακή ή δευτερεύουσα μνήμη.

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει εξέταση των περιφερειακών μονάδων που είναι επιφορτισμένες με το ρόλο της μόνιμης αποθήκευσης δεδομένων και προγραμμάτων όταν αυτά δεν χρειάζεται να βρίσκονται στην κεντρική μνήμη.

4.1 Περιφερειακές Μονάδες Αποθήκευσης

Πέρα από την κύρια μνήμη που εξετάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, όλοι οι σύγχρονοι υπολογιστές περιλαμβάνουν και μονάδες περιφερειακής μνήμης. Οι περιφερειακές μνήμες παίζουν πρωτεύοντα ρόλο τόσο σε μικρά συστήματα όπως οι προσωπικοί υπολογιστές, όσο και στα συστήματα πληροφορικής ενός οργανισμού, επειδή προσφέρονται για μόνιμη αποθήκευση μεγάλων έως τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων. Τυπικά, κάθε μεγάλος οργανισμός, διπλασιάζει τα δεδομένα που απαιτούν αποθήκευση κάθε τρία με τέσσερα χρόνια ενώ έχει υπολογιστεί ότι, το ένα τρίτο και πάνω του κόστους ενός πληροφοριακού συστήματος δαπανάται για περιφερειακές μνήμες.

Τυπικά οι περιφερειακές μνήμες χρησιμοποιούνται για:

- **Αποθήκευση δεδομένων που διατίθενται επιγραμμικά (on-line).** Δηλαδή δεδομένων για τα οποία υπάρχει η απαίτηση να είναι διαθέσιμα συνεχώς. Στην περίπτωση αυτή, επειδή παίζει πρωτεύοντα ρόλο η ταχύτητα προσπέλασης και ο όγκος, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σκληροί δίσκοι.
- **Εφεδρικά αντίγραφα.** Τα εφεδρικά αντίγραφα αποτελούν την κύρια μέθοδο εξασφάλισης των δεδομένων ενός οργανισμού από κάθε είδους κίνδυνο απώλειάς των. Η απαίτηση εδώ είναι αξιόπιστη αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων σε όσο το δυνατό πιο χαμηλό κόστος, ενώ η ταχύτητα παίζει δευτερεύοντα ρόλο.
- **Αρχειοθέτηση.** Η κύρια απαίτηση εδώ είναι η αξιόπιστη αποθήκευση για μεγάλο χρονικό διάστημα και το χαμηλό κόστος.
- **Αντιγραφή για μεταφορά.** Συχνά στην πράξη χρειάζεται να μεταφερθούν μεγάλες ποσότητες δεδομένων από ένα σύστημα σε άλλο. Σήμερα αυτό γίνεται εύκολα με τη χρήση δικτύωσης των υπολογιστών. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις, όπου συμφέρει η μεταφορά μέσω κάποιας μορφής περιφερειακής μνήμης (π.χ. απώλεια ή έλλειψη δικτύωσης, ασύμφορα μεγάλος όγκος δεδομένων για τη σύνδεση που διατίθεται κ.λπ.).

Οι μονάδες περιφερειακής μνήμης, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σε:

- Σε **μονάδες σταθερού μέσου** δηλ. σε μονάδες στις οποίες ο φορέας των πληροφοριών βρίσκεται σταθερά τοποθετημένος εντός της μονάδας και δεν μπορεί να αφαιρεθεί χωρίς επέμβαση ειδικευμένου προσωπικού. (π.χ. σκληροί δίσκοι) και
- σε **μονάδες αποσπώμενου μέσου**, σε μονάδες δηλαδή των οποίων ο φορέας μπορεί να αφαιρεθεί και να μεταφερθεί σε αντίστοιχη μονάδα άλλου υπολογιστή (δισκέτα, CD, DVD, ταινία κ.λπ.).

4.2 Ο Σκληρός Δίσκος

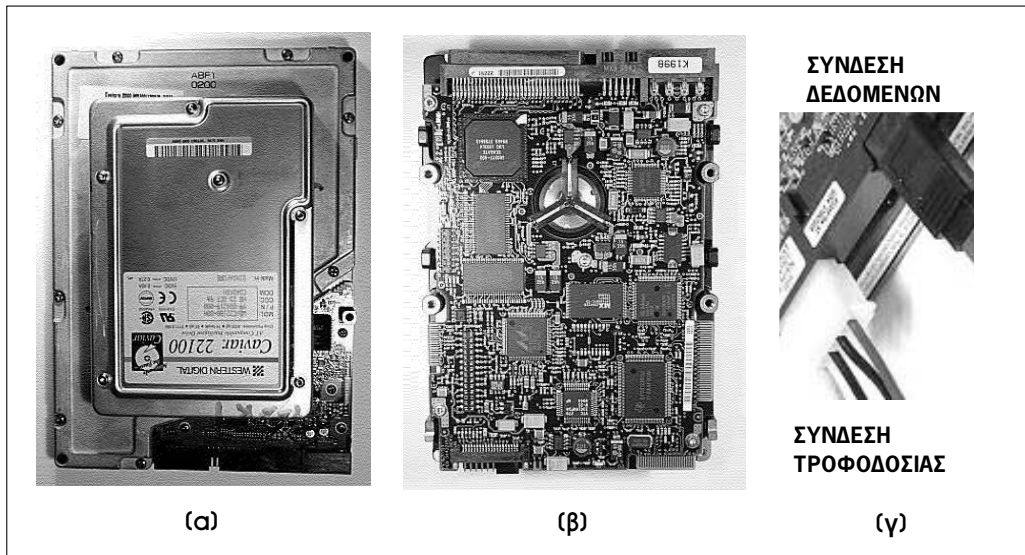
Ο σκληρός δίσκος, εφευρέθηκε στη δεκαετία του '50 από την IBM. Ο πρώτος σκληρός δίσκος, αποτελείτο από 50 μαγνητικούς δίσκους διαμέτρου 24 ιντσών. Οι δίσκοι περιστρέφονταν με 1200rpm (στροφές ανά λεπτό), ο ρυθμός μεταφοράς δεδομένων ήταν 12,5KB/s και η συνολική χωρητικότητα μόνο 5MBs. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ο δίσκος αυτός διατίθονταν μόνο για ενοίκιαση αντί του ποσού των 7.000 δολαρίων ανά MB ανά χρόνο! Οι σημερινοί σκληροί δίσκοι με τους οποίους είναι εφοδιασμένοι οι συνηθισμένοι προσωπικοί υπολογιστές έχουν χωρητικότητες από 500GB και άνω (2010) περιστρέφονται με ταχύτητες 5.400 ή 7.200 (μικρά συστήματα), 10.000 ή και 15.000 στροφές ανά λεπτό (μεγαλύτερα συστήματα), η μεταφορά δεδομένων φτάνει και τα 150MB/s και κυκλοφορούν σε διαμέτρους από 1 - 3,5 ίντσες. Αρχικά είχαν την ονομασία **σταθεροί δίσκοι**, ενώ αργότερα έγιναν γνωστοί με τη ονομασία **σκληροί δίσκοι**, σε αντιδιαστολή με τους εύκαμπτους δίσκους (*floppy disks / δισκέτες*).

Μπορεί κανείς να ισχυριστεί με σχετική ασφάλεια ότι, οι μαγνητικοί δίσκοι αποτελούν τον κύριο και συνηθέστερα απαντούμενο σήμερα τρόπο μαζικής αποθήκευσης δεδομένων στους υπολογιστές. Σε αντίθεση με τις μαγνητικές ταινίες, η προσπέλαση των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα σε ένα δίσκο μπορεί να γίνεται και κατά τυχαίο τρόπο. Μπορεί δηλαδή να προσπελάσει κανείς ένα στοιχείο χωρίς να χρειάζεται να διαβάσουν όλα τα προηγούμενα, γεγονός που μεταφράζεται σε αυξημένη ταχύτητα και ευελιξία. Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση του λειτουργικού συστήματος, αρχείων προγραμμάτων και δεδομένων του χρήστη. Γενικά, μέσω του σκληρού δίσκου καλύπτονται οι ζωτικότερες ανάγκες σε μόνιμη αποθήκευση. Ως εκ τούτου, οι σκληροί δίσκοι αποτελούν την κύρια μονάδα από την οποία διαβάζονται δεδομένα από και προς την κεντρική μνήμη. Ας σημειωθεί όμως ότι η ταχύτητα των δίσκων σε σχέση με αυτήν της κύριας μνήμης διαφέρει κατά τάξεις μεγέθους. Για το λόγο αυτό συνιστώνται μεγάλες ποσότητες κεντρικής μνήμης ώστε να περιοριστούν οι απαιτούμενες προσπελάσεις στους δίσκους.

Κάθε προσωπικός υπολογιστής περιλαμβάνει τουλάχιστον ένα σκληρό δίσκο. Κάθε μηχανή που προσφέρει υπηρεσίες εξυπηρέτησης (*server*) περιλαμβάνει τυπικά πάνω από έναν σκληρό δίσκο συνήθως 4 με 12, ενώ σε κάθε μεγάλη εγκατάσταση, στη συνηθισμένη περίπτωση είναι συνδεδεμένος με εκατοντάδες σκληρούς δίσκους.

4.2.1 Φυσική δομή - τεχνολογίες δίσκων

Σε έναν τυπικό προσωπικό υπολογιστή, ο σκληρός δίσκος είναι βιδωμένος σε ειδική θέση εντός του κουτιού της κεντρικής μονάδας. Για τη λειτουργία του από άποψη συνδέσεων, χρησιμοποιούνται ένα σύστημα καλωδίων τροφοδοσίας με ρεύμα και ένα σύστημα καλωδίων για τη σύνδεσή του με την μητρική κάρτα ή μία ενδιάμεση κάρτα ανάλογα με τον τύπο διεπαφής (*interface*) που υποστηρίζει ο δίσκος (π.χ. *SCSI, SAS, FC*).

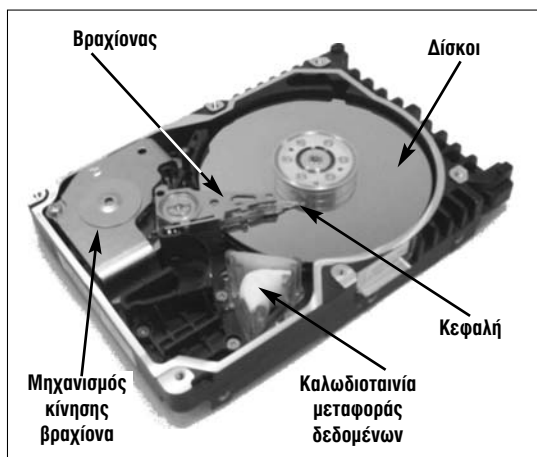


Σχήμα 4.1 Εξωτερικές όψεις μονάδας σκληρού δίσκου. Ηλεκτρονικά κυκλώματα που συνιστούν τον ελεγκτήρα (controller) του δίσκου (α). Καπάκι του δίσκου (β), Ακροδέκτες σύνδεσης και τροφοδοσίας (γ).

Η τυπική εξωτερική εμφάνιση μιας μονάδας σκληρού δίσκου φαίνεται στο σχήμα 4.1-α,β. Πρόκειται για ένα σφραγισμένο αλουμινένιο κουτί, το οποίο στη μία του πλευρά έχει ενσωματωμένα τα ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου. Τα ηλεκτρονικά αυτά συναποτελούν τον **ελεγκτήρα** (controller) του δίσκου και ελέγχουν το μηχανισμό ανάγνωσης / εγγραφής και την περιστροφή των δίσκων.

Αν ανοίξει κανείς το κουτί αυτό -ενέργεια που ακυρώνει την εγγύηση και πιθανότατα θα καταστρέψει το δίσκο- αποκαλύπτεται ένας σχετικά απλός αλλά πολύ ακριβής μηχανισμός (σχ. 4.2). Με αναφορά στο σχήμα 4.2 διακρίνονται τα εξής βασικά στοιχεία:

Μια σειρά **μεταλλικών δίσκων** διαμέτρου από 1' (2,54cm) έως 3,5'' (2010), σε διάταξη σωρού με κενά μεταξύ τους. Οι δίσκοι αυτοί είναι επιχρισμένοι με μαγνητικό υλικό. Το σύστημα αυτό των δίσκων περιστρέφεται

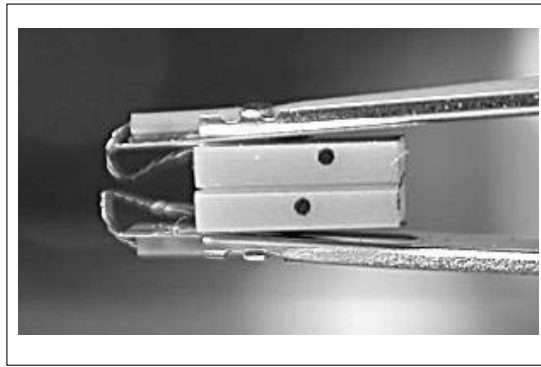


Σχήμα 4.2 Εσωτερικό σκληρού δίσκου. Διακρίνονται ο σωρός των δίσκων, η κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής, ο μηχανισμός ενεργοποίησής της.

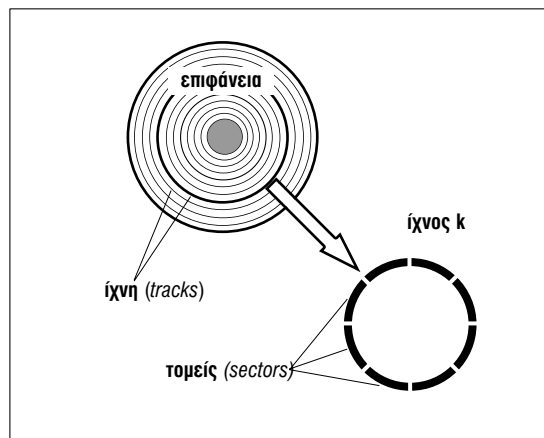
γύρω από κοινό άξονα με ταχύτητα 5.400 έως 15.000 στροφές ανά λεπτό, όταν η μονάδα βρίσκεται σε λειτουργία. Οι δίσκοι αυτοί, κατασκευάζονται με πολύ μεγάλη ακρίβεια και γυαλίζονται σε επίπεδο κατόπτρου.

Μεταξύ των δίσκων, παρεμβάλλεται μια διάταξη κινούμενων βραχιόνων στην άκρη των οποίων υπάρχουν μικροσκοπικοί αισθητήρες που λέγονται **κεφαλές ανάγνωσης / εγγραφής**. Οι βραχιόνες αυτοί, ελέγχονται από έναν μηχανισμό ο οποίος βρίσκεται στο άκρο έδρασής τους και ο οποίος μπορεί να κινεί τις κεφαλές από το κέντρο έως την άκρη των δίσκων. Οι βραχιόνες και ο μηχανισμός κίνησής τους, είναι πάρα πολύ ελαφρύς και ταχύτατος: ο βραχίονας μπορεί να κινηθεί από το κέντρο προς τα άκρα έως και 50 φορές ανά δευτερόλεπτο. Συχνά σήμερα για την κίνηση των βραχιόνων αυτών χρησιμοποιούνται πηνία φωνής, δηλ. η ίδια κατά βάση τεχνική με αυτήν των μεγαφώνων.

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η αποθήκευση δεδομένων πάνω σε μια μονάδα δίσκου, οι επιφάνειες των δίσκων, χωρίζονται με βάση ένα σύστημα διευθύνσεων. Έτσι ο κύκλος που διαγράφεται από την περιστροφή του δίσκου πάνω στην επιφάνεια του κάτω από μια δεδομένη θέση της κεφαλής ονομάζεται **ίχνος** (track σχ. 4.4). Τυπικά, σε κάθε δίσκο υπάρχουν 10.000-50.000 ίχνη ανά επιφάνεια. Η ομάδα των ιχνών (tracks) η οποία σχηματίζεται σε όλες τις επιφάνειες από μια δεδομένη θέση των κεφαλών καλείται **κύλινδρος** (σχ. 4.5). Οι κύλινδροι, αριθμούνται από την εξωτερική άκρη του δίσκου και προς τα μέσα· δηλ. ο κύλινδρος με την μικρότερη αρίθμηση είναι ο πλέον εξωτερικός. Κάθε ίχνος χωρίζεται σε 100-500 **τομείς** (sectors σχ. 4.4) οι οποίοι αποτελούν την ελάχιστη μονάδα εγγραφής ή ανάγνωσης και στην τυπική περίπτωση περιλαμβάνουν ποσότητα δεδομένων 512 bytes.

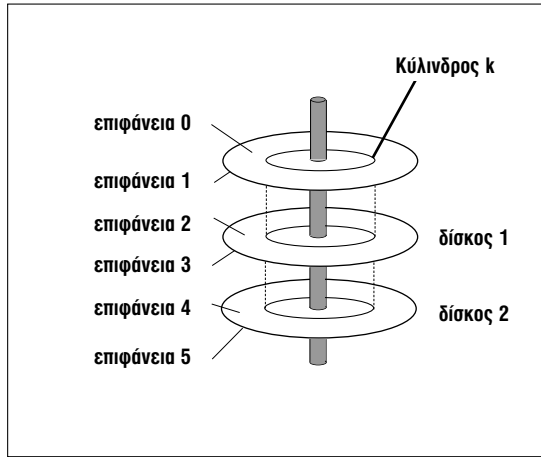


Σχήμα 4.3 *Κεφαλή σκληρού δίσκου. Διακρίνονται τα πηνία.*



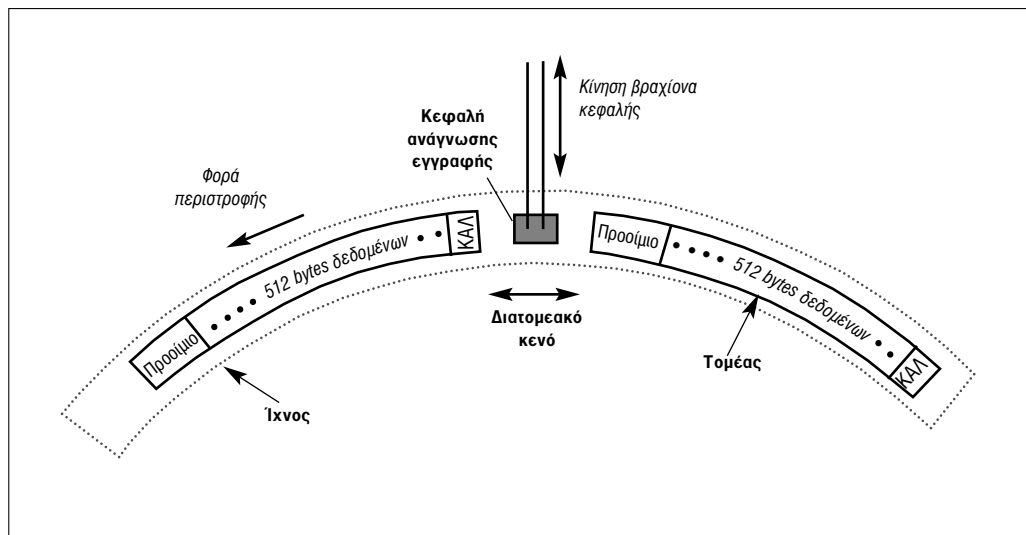
Σχήμα 4.4 *Ίχνη και τομείς. Η επιφάνεια του σκληρού δίσκου χωρίζεται σε ομόκεντρους κύκλους γνωστούς ως ίχνη (tracks). Τα ίχνη χωρίζονται σε τόξα που ονομάζονται τομείς (sectors).*

Κάθε τομέας περιλαμβάνει ένα προοίμιο στο οποίο υπάρχουν πληροφορίες συγχρονισμού και η αρίθμηση του τομέα. Ακολουθούν τα δεδομένα και τέλος μια κατακλείδα όπου υπάρχει ένας κώδικας ανίχνευσης λαθών (σχ. 4.6). Στις σύγχρονες μονάδες δίσκων οι τομείς αριθμούνται ακολουθιακά. Ο αριθμός των τομέων ανά ίχνος εξαρτάται από το μέγεθος του δίσκου και την πυκνότητα εγγραφής.

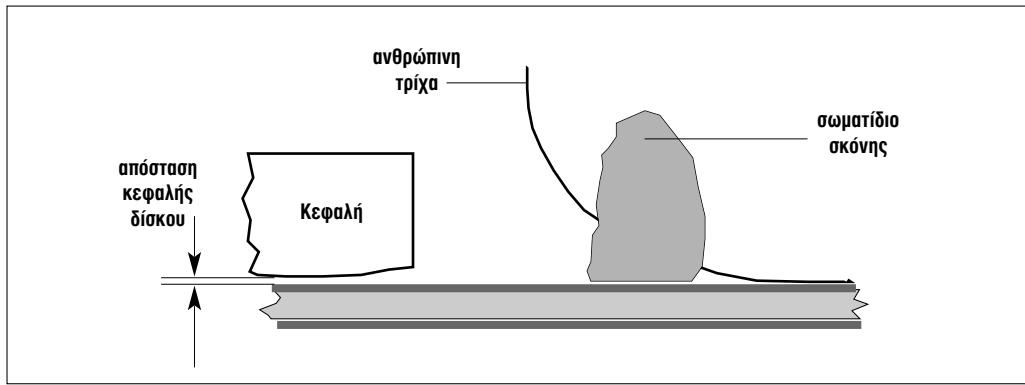


Σχήμα 4.5 *Κύλινδροι.* Οι προβολές των ιχνών στο χώρο, σχηματίζουν κυλίνδρους.

Αν ο αριθμός τομέων ανά ίχνος ήταν σταθερός, τα δεδομένα θα γίνονταν όλο και αραιότερα προς τα εξωτερικότερα ίχνη του δίσκου με συνέπεια την αντίστοιχη επιδείνωση στην εκμετάλλευση του χώρου. Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, όλες οι σύγχρονες μονάδες δίσκων χρησιμοποιούν μια τεχνική που λέγεται **εγγραφή δυφίων σε ζώνες (Zone Bit Recording - ZBR)**, κατά την οποία ο δίσκος χωρίζεται σε ζώνες εγγραφής -τυπικά γύρω στις 15-, ώστε τα εξωτερικότερα ίχνη να περιλαμβάνουν περισσότερους τομείς.



Σχήμα 4.6 *Τμήμα ίχνους σκληρού δίσκου.* Οι τομείς περιλαμβάνουν εκτός από τα δεδομένα που φέρουν, προβλέψεις για συγχρονισμό (κενό μεταξύ διαδοχικών τομέων, προοίμιο) και κωδικούς ανίχνευσης λαθών (ΚΑΛ). Το πλάτος των ιχνών είναι της τάξεως των 5-10 μ,τ ενώ το εύρος των bits 0,1-0,2μτ.



Σχήμα 4.7 Απόσταση δίσκου κεφαλής. Στους σκληρούς δίσκους η κεφαλή ύπταται σε μια εξαιρετικά μικρή απόσταση από την επιφάνεια του δίσκου.

Για να ολοκληρωθεί μια λειτουργία ανάγνωσης - εγγραφής σε συγκεκριμένη θέση στο δίσκο, κινούνται οι βραχίονες πάνω στο κατάλληλο ίχνος (*track*) και στη συνέχεια, με την περιστροφή των δίσκων εντοπίζεται ο επιθυμητός τομέας (*sector*).

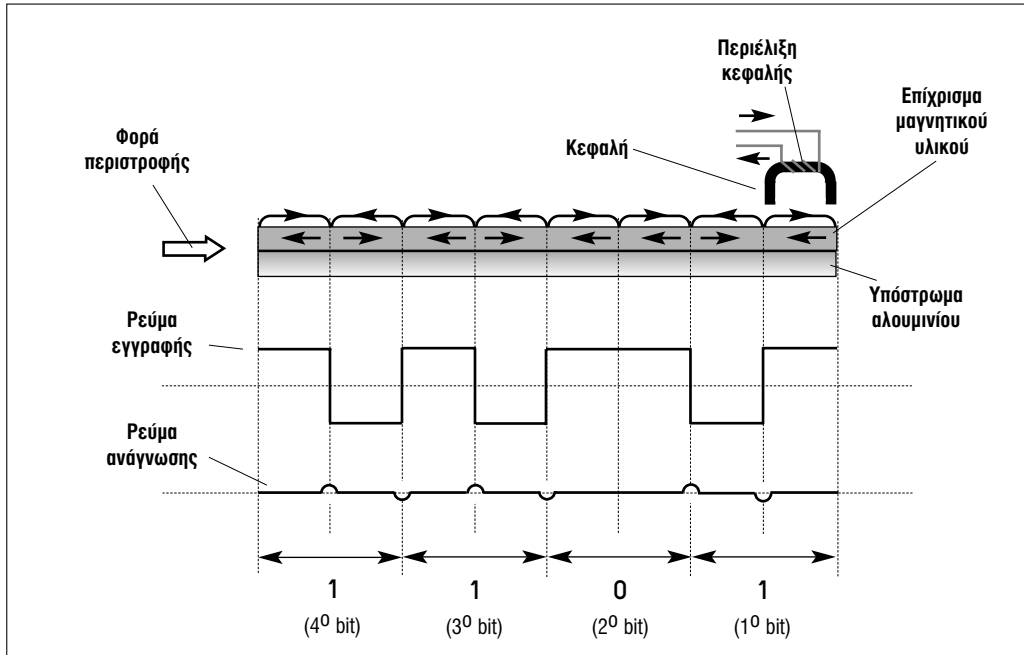
Παραδοσιακά, κύλινδροι με χαμηλή αριθμηση (εξωτερικοί) είναι ταχύτεροι, μεγαλύτεροι και πυκνότεροι (περισσότερα bits/κύλινδρο). Το αντίστροφο συμβαίνει σε κυλίνδρους με μεγάλη αριθμηση (εσωτερικοί κύλινδροι). Το γεγονός αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πράξη για βελτιωμένη χρήση ενός δίσκου, τοποθετώντας στις κατάλληλες περιοχές του δεδομένα με αντίστοιχες απαιτήσεις προσπέλασης.

Ο χωρισμός των ιχνών σε τομείς και η αριθμηση των τελευταίων, γίνεται κατά τη φάση της μορφοποίησης χαμηλού επιπέδου (βλ. παρακάτω).

Ο έλεγχος του συστήματος δίσκων π.χ. η κίνηση των κεφαλών κ.λπ., γίνεται από ειδικό κύκλωμα το οποίο υλοποιείται σε πλακέτα που εδράζεται στη μία όψη του δίσκου και συνιστά στην ουσία τον **ελεγκτήρα του δίσκου** (*disk controller*): ενώ η επικοινωνία των δίσκων με το υπόλοιπο σύστημα γίνεται μέσω ειδικών τεχνολογιών διεπαφών (βλ. 5.5).

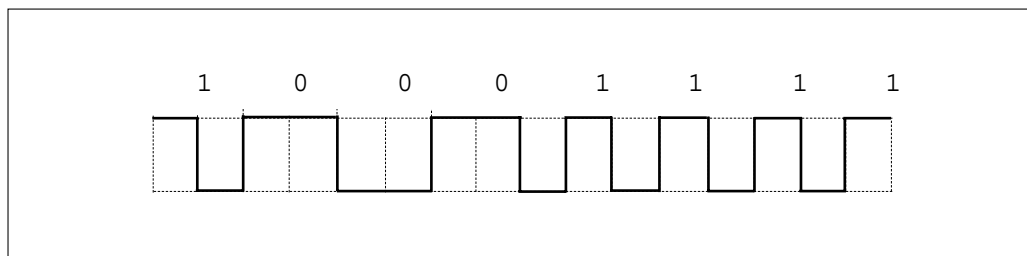
4.2.2 Αρχή λειτουργίας

Όταν ο δίσκος δεν βρίσκεται σε λειτουργία, οι κεφαλές του σκληρού δίσκου, βρίσκονται προσγειωμένες σε μια ειδική ζώνη του δίσκου. Μόλις ο δίσκος τροφοδοτηθεί με ρεύμα αρχίζει η περιστροφή των δίσκων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πίεση μεταξύ της έδρασης της κεφαλής και του δίσκου. Κάποια στιγμή η έδραση της κεφαλής αρχίζει να πετά. Το "ύψος πτήσης" είναι της τάξεως των μερικών δεκάδων nm. Ως μέτρο σύγκρισης σημειωθεί ότι μια ανθρώπινη τρίχα έχει διάμετρο 30-70 μm ($1 \text{ nm} = 1.000 \mu\text{m}$).



Σχήμα 4.8 Εγγραφή και ανάγνωση bits από/προς το δίσκο. Η εγγραφή και ανάγνωση δεδομένων σε σκληρούς δίσκους, γίνεται προκαλώντας/ανιχνεύοντας αναστροφές μαγνητικής ροής.

Η επιφάνεια του δίσκου είναι επιστρωμένη με μαγνητικό υλικό. Πριν εγγραφούν δεδομένα πάνω στο δίσκο, τα σωματίδια του μαγνητικού υλικού είναι άτακτα προσανατολισμένα πάνω στην επιφάνεια του δίσκου. Για να γίνει εγγραφή δεδομένων πάνω στο δίσκο, διοχετεύεται ηλεκτρικό ρεύμα στην κεφαλή του δίσκου η οποία με τη σειρά της επάγει κατά τον τρόπο αυτό μαγνητικό πεδίο πάνω στην επιφάνεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα σωματίδια που συνιστούν τη μαγνητική επίστρωση του δίσκου, να προσανατολίζονται στο συγκεκριμένο σημείο στην κατεύθυνση που υπαγορεύεται από το μαγνητικό πεδίο που επάγει η κεφαλή (σχ. 4.8). Αν η ροή του ρεύματος στην κεφαλή αναστραφεί, αναστρέφεται και η πολικότητα του μαγνητικού πεδίου που επάγεται και κατά συνέπεια αναστρέφεται και η πολικότητα των μαγνητισμένων σωματιδίων στο δίσκο. Οι αναστροφές αυτές μαγνητικής ροής που δημιουργεί η κεφαλή αποτελούν και τον τρόπο εγγραφής δεδομένων στο δίσκο. Για κάθε bit δεδομένων που εγγράφεται, στην ουσία δημιουργούνται αναστροφές ροής στο μαγνητικό μέσο σε συγκεκριμένες περιοχές γνωστές ως **κελιά μετάβασης** (*transition cells*). Οι περιοχές αυτές ορίζονται σε συνάρτηση με το χρόνο και την ταχύτητα του μέσου. Η σχηματομορφή (*pattern*) των αναστροφών ροής στα κελιά μετάβασης που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση δεδομένων καλείται **μέθοδος κωδικοποίησης**. Η κωδικοποίηση των προς αποθήκευση δεδομένων σε μια σειρά από αναστροφές ροής αναλαμβάνεται από τον ελεγκτήρα (*controller*) της μονάδας. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι κωδικοποίησης στους δίσκους. Η



Σχήμα 4.9 Κωδικοποίηση FM. Ο χαρακτήρας ASCII "P" (10001111) κωδικοποιημένος κατά FM.

απλούστερη από αυτές είναι η **FM** (Frequency Modulation) κατά την οποία ο άσος καταγράφεται ως δύο διαδοχικές αναστροφές ροής και το μηδέν ως μία αναστροφή ροής ακολουθούμενη από μη αναστροφή. Στο σχήμα 4.9, φαίνεται ένα παράδειγμα κωδικοποίησης FM. Σήμερα χρησιμοποιούνται πιο αποδοτικές μέθοδοι κωδικοποίησης όπως μια τροποποίηση της FM η **MF** (Modified Frequency Modulation) στις δισκέτες και η **RLL** (Run Length Limited) στους δίσκους, οι οποίες αν και πολυπλοκότερες, είναι σημαντικά πιο αποδοτικές.

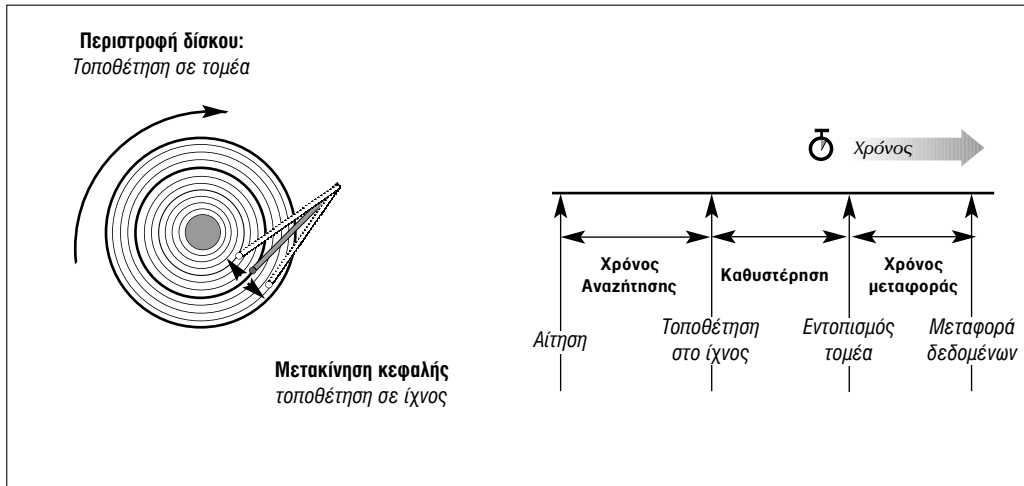
Κατά την ανάγνωση, η κεφαλή παίζει το ρόλο του ανιχνευτή μεταβολής μαγνητικής ροής, εκπέμποντας ηλεκτρικούς παλμούς οποτεδήποτε ανιχνεύεται τέτοια μεταβολή. Περιοχές στις οποίες δεν υπάρχει μετάβαση δεν επάγουν ρεύμα στην κεφαλή (σχ. 4.8).

4.2.3 Προσπέλαση δεδομένων

Η προσπέλαση στα δεδομένα του δίσκου, είναι μια διαδικασία τριών βημάτων, η οποία ελέγχεται από το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή.

Κατ' αρχήν υπολογίζεται το ίχνος που τα περιέχει. Στη συνέχεια ενεργοποιείται ο βραχίονας της κεφαλής ώστε να τοποθετηθεί πάνω στο συγκεκριμένο ίχνος. Προφανώς ο χρόνος που θα καταναλωθεί ποικίλει ανάλογα με τις εκάστοτε σχετικές θέσεις. Ο μέσος χρόνος που χρειάζεται για τη μετακίνηση των κεφαλών είναι γνωστός ως **χρόνος αναζήτησης** (seek time) και σήμερα (2011) γενικά κυμαίνεται μεταξύ 3 - 12 ms για συστήματα προσωπικών υπολογιστών ή 3-5 ms για συστήματα μηχανών εξυπηρέτησης (servers). Προφανώς για δεδομένα που υπάρχουν στο ίδιο ίχνος ή κύλινδρο δεν χρειάζεται μετακίνηση του βραχίονα της κεφαλής, ενώ αν τα δεδομένα βρίσκονται σε απομακρυσμένο κύλινδρο, χρειάζεται ανάλογη ποσότητα χρόνου. Για το λόγο αυτό, οι κατασκευαστές δίσκων, αναφέρουν μέγιστο και ελάχιστο χρόνο αναζήτησης.

Μετά την τοποθέτηση της κεφαλής στο σωστό ίχνος, χρειάζεται ένας επιπλέον χρόνος ώστε να περάσει κάτω από την κεφαλή ο επιθυμητός τομέας. Ο χρόνος αυτός, είναι γνωστός ως **καθυστέρηση** (latency), και ποικίλει ανάλογα με το σημείο που βρίσκεται τη δεδομένη στιγμή κάτω από την κεφαλή. Προφανώς όμως όσο ταχύτερα περιστρέφεται



Σχήμα 4.10 Χρόνος προσπέλασης σε δίσκο. Ο χρόνος προσπέλασης σε δεδομένα στο δίσκο, αποτελείται από τρεις συνιστώσες: Το χρόνο αναζήτησης (τοποθέτηση κεφαλής στο κατάλληλο ίχνος), την περιστροφική καθυστέρηση (τοποθέτηση τομέα κάτω από την κεφαλή) και το χρόνο μεταφοράς.

ο δίσκος τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος αυτός. Για έναν δίσκο που περιστρέφεται στις 6.000 στροφές το λεπτό και υποθέτοντας απαίτηση για μισή στροφή, προκύπτει ένας επιπλέον χρόνος 5ms. Οι σημερινοί δίσκοι για ακριβά συστήματα περιστρέφονται με ταχύτητες 10.000 ή 15.000 στροφών ανά λεπτό, ενώ για προσωπικούς υπολογιστές με 5.400 ή 7.200 στροφές ανά λεπτό.

Η τελευταία συνιστώσα του χρόνου προσπέλασης στους δίσκους είναι ο **χρόνος μεταφοράς** (*transfer time*). Από τη στιγμή που τα δεδομένα βρεθούν κάτω από την κεφαλή, διαβάζονται με ταχύτητα που εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής και την πυκνότητα εγγραφής (βλ. πλαίσιο 4.1). Οι νεότεροι δίσκοι αποθηκεύουν πληροφορίες με μεγαλύτερες πυκνότητες από ότι οι παλαιότεροι και είναι κατά συνέπεια ταχύτεροι και στο σημείο αυτό.

Στους παραπάνω χρόνους προστίθεται και μία ακόμα μικρή επιβάρυνση που αντιστοιχεί στην καθυστέρηση που επάγεται από τον ελεγκτήρα του δίσκου, ο οποίος είναι επιφορτισμένος με τις λεπτομέρειες ελέγχου του δίσκου και τη μεταφορά δεδομένων στη μνήμη. Οι ρυθμοί μεταφοράς κυμαίνονται μεταξύ 70 και 125 MB/s, ενώ με χρήση μηχανισμών κρυφής μνήμης, μπορεί να φτάσει τα 375MB/s.

!!! Παράδειγμα 4.1

Αν υποθεθεί ότι ένας δίσκος περιστρέφεται με 7.200 στροφές ανά λεπτό, και ο κατασκευαστής του, διαφημίζει μέσο χρόνο αναζήτησης 3ms, ρυθμό μεταφοράς 100MB/s

και επιβάρυνση από τον ηλεκτήρα 0,1ms, τότε ο μέσος χρόνος εγγραφής ή ανάγνωσης ενός τομέα (512bytes ή 0,5KB) έχει ως ακολούθως:

$$3ms + \frac{0,5 \text{ περιστροφή}}{7.200 \text{ rpm}} + \frac{0,5KB}{100MB / s} + 0,1ms = 3 + 4,17 + 0,005 + 0,1 \approx 7,27ms$$

Ας σημειωθεί ότι, ο μέσος χρόνος αναζήτησης, ανάλογα με την εφαρμογή και τη χρονοδρομολόγηση των αιτήσεων στο δίσκο, μπορεί να είναι μικρότερος από τον ονομαστικό. Επίσης, αν και η μικρότερη μονάδα εγγραφής σε δίσκο είναι τα 512 bytes τα προγράμματα δημιουργούν αιτήσεις για πολύ μεγαλύτερες ποσότητες.

4.2.4 Τεχνολογίες διεπαφών δίσκων

Για να επιτευχθεί η σύνδεση μιας μονάδας δίσκου με το υπόλοιπο σύστημα, χρησιμοποιείται αντίστοιχη διεπαφή. Υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες διεπαφών (*interfaces*) που αφορούν στους δίσκους και οι οποίες καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τιμών αγοράς και ταχυτήτων. Η αγορά σήμερα κυριαρχείται από τις τεχνολογίες SATA και SAS, ενώ Fiber Channel δίσκοι χρησιμοποιούνται σε πολύ συγκεκριμένες εγκαταστάσεις. Οι τεχνολογίες IDE και SCSI έχουν σχεδόν εκλείψει. Στο τέλος του επόμενου κεφαλαίου θα εξεταστούν οι SATA, SCSI και SAS.

Η τεχνολογία *Fibre Channel* χρησιμοποιεί εντολές τύπου SCSI και τυπικά χρησιμοποιεί οπτικές ίνες αντί για καλώδια χαλκού. Μια τοπολογία της τεχνολογίας αυτής που χρησιμοποιεί ενεργές δικτυακές συσκευές, αποτελεί τη βάση για τα λεγόμενα *Δίκτυα Περιοχών Αποθήκευσης (Storage Area Networks - SANs)*. Σε φορητούς δίσκους χρησιμοποιείται είτε η διεπαφή USB είτε η e-SATA (*external SATA*). Η διεπαφή IEEE-1394/FireWire (βλ. τέλος επόμενου κεφαλαίου) τείνει να παραγκωνιστεί.

4.2.5 Σύστημα διευθύνσεων

Υπάρχουν δύο μέθοδοι για τον προσδιορισμό της θέσης δεδομένων στο δίσκο: ο **CHS** (*Cylinder Head Sector Κύλινδρος Κεφαλή Τομέας*) και ο **LBA** (*Logical Block Address Διεύθυνση Λογικού Τμήματος*). Σύμφωνα με την πρώτη, την οποία συναντούσε κανείς σε παλαιότερα συστήματα δίσκων, τα δεδομένα διευθυνσιοδοτούνται καθορίζοντας τον κύλινδρο (ακτίνα), την κεφαλή (επιφάνεια δίσκου) και τον τομέα (γωνιακή θέση).

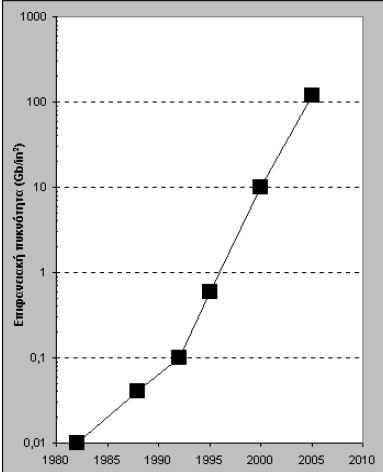
Με την LBA, κάθε τομέας αναγνωρίζεται από έναν ακολουθιακό αριθμό με αποτέλεσμα να αίρονται πολλές ασυμβατότητες που οφείλονται στην παράκαμψη του BIOS για την προσπέλαση του δίσκου και ο χειρισμός γίνεται απ' ευθείας από το λειτουργικό σύστημα. Η απεικόνιση μεταξύ των λογικών τμημάτων και των πραγματικών (φυσικών) τομέ-

ων τηρείται από τον ελεγκτήρα του δίσκου, ο οποίος και μετατρέπει τις αιτήσεις για λογικά τμήματα σε φυσικές θέσεις στο δίσκο.

Επιφανειακή Πυκνότητα και Εξελίξεις στους Δίσκους

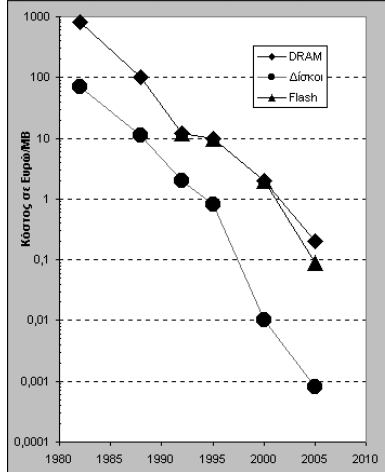
Ως μέτρο της εξέλιξης της τεχνολογίας στους σκληρούς δίσκους χρησιμοποιείται η **επιφανειακή πυκνότητα** (*areal density*). Το μέγεθος αυτό ορίζεται ως το γινόμενο των *bits* ανά ίντσα (*Bits Per Inch - BPI*) μετρούμενο κατά μήκος των τομέων επί τον αριθμό των ιχνών ανά ίντσα (*Tracks Per Inch - TPI*) μετρούμενο ακτινικά. Εκφράζεται σε Mbits/in^2 ή Gbits/in^2 . Η επιφανειακή πυκνότητα των μονάδων δίσκων έχει βελτιωθεί κατά 7 τάξεις μεγέθους με αντίστοιχη μείωση του απαιτούμενου χώρου. Ο αριθμός των *bits* ανά μονάδα δίσκου διπλασιάζεται κάθε χρόνο δηλ. ταχύτερα από τις προβλέψεις του νόμου του Moore για τους ημιαγωγούς (διπλασιασμός κάθε 18 μήνες). Βέβαια, δεν παρατηρούνται ίδιες εξελίξεις στον χρόνο αναζήτησης (*seek time* - 12% ανά έτος) και το ρυθμό μεταφοράς (*transfer rate* - 40% ανά έτος). Αξίζει να σημειωθεί ότι, από τα μέσα της δεκαετίας του '90 η ψηφιακή αποθήκευση έγινε φθηνότερη από την αποθήκευση σε χαρτί.

Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνεται η πορεία της επιφανειακής πυκνότητας και του αποθηκευτικού κόστους ανά MB, από το 1980 έως σήμερα.



Σχήμα 4.11

Εξέλιξη της επιφανειακής πυκνότητας δίσκων.



Σχήμα 4.12

Εξέλιξη του κόστους ανά MB σε βασικά μέσα αποθήκευσης.

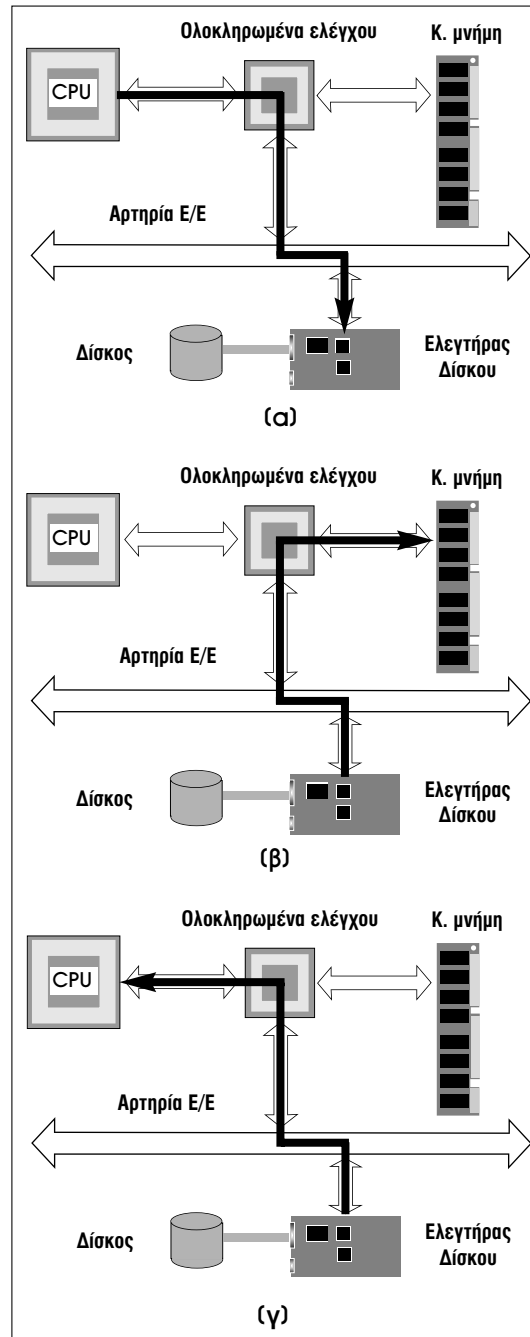
4.2.6 Άμεση προσπέλαση μνήμης (DMA)

Παλαιότερα η ΚΜΕ (κεντρική μονάδα επεξεργασίας) εμπλέκονταν σε κάθε λειτουργία μεταφοράς δεδομένων από / προς το δίσκο: μόλις η μονάδα δίσκου διάβαζε έναν τομέα (512 bytes) στην προμνήμη της, ενημέρωνε σχετικά την ΚΜΕ. Η τελευταία δημιουργούσε μία αίτηση για ανάγνωση δύο bytes στην αρτηρία και αποθήκευε τα 2 bytes στην κεντρική μνήμη. Η διαδικασία επαναλαμβάνονταν μέχρι να διαβαστεί ολος ο τομέας στην κεντρική μνήμη με αποτέλεσμα σημαντική επιβράδυνση σε όλο το σύστημα.

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα στους σύγχρονους προσωπικούς υπολογιστές, το λειτουργικό σύστημα δεσμεύει μια περιοχή της μνήμης για αποθήκευση των δεδομένων εισόδου / εξόδου. Όταν πρόκειται να γίνει μεταφορά δεδομένων, περνά τη διεύθυνση της μνήμης αυτής στον ελεγκτήρα του δίσκου (σχ. 4.13α).

Ο ελεγκτήρας του δίσκου (ο οποίος από την πλευρά της μητρικής κάρτας υλοποιείται στο ολοκληρωμένο ελέγχου νότιας γέφυρας -*southbridge*- βλ. 3.6), μεταφέρει τα δεδομένα απευθείας μεταξύ κεντρικής μνήμης και προμνήμης της μονάδας δίσκου (σχ.4.13β).

Όταν ολοκληρωθεί η μεταφορά, ο ελεγκτήρας του δίσκου ειδοποιεί την κεντρική μονάδα επεξεργασίας ότι η μεταφορά ολοκληρώθηκε μέσω αντίστοιχης για το σκοπό αυτό διακοπής (σχ. 4.13γ). Έχουμε δηλαδή, επικοινωνία της ΚΜΕ και του ελεγκτήρα του δίσκου μόνο στην αρχή και το τέλος της μεταφοράς, με αποτέλεσμα πολύ



Σχήμα 4.13 Λειτουργία DMA. Μεταφορά δεδομένων από/προς τη μνήμη χωρίς την επέμβαση του επεξεργαστή.

καλύτερους χρόνους μετάδοσης. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως άμεση προσπέλαση μνήμης (*Direct Memory Access-DMA*).

4.2.7 Προετοιμασία για χρήση

Για να χρησιμοποιηθεί ένας δίσκος για τις ανάγκες αποθήκευσης ενός συστήματος υπολογιστή πρέπει στην τυπική περίπτωση να έχουν προηγηθεί κατά σειρά τα ακόλουθα:

Μορφοποίηση χαμηλού επιπέδου (*low level format*)

Κατά τον τύπο αυτό μορφοποίησης, με χρήση ειδικού προγράμματος, που διαθέτει ο κατασκευαστής του δίσκου, χωρίζονται σε φυσικό επίπεδο τα ίχνη σε τομείς. Επίσης, δημιουργούνται και καταγράφονται όλες οι βοηθητικές πληροφορίες όπως οι επικεφαλίδες των τομέων, ενδιάμεσα κενά κ.λπ. Η μορφοποίηση χαμηλού επιπέδου παραμένει αμετάβλητη για όλη την υπόλοιπη ζωή της μονάδας δίσκου, εκτός και επαναληφθεί η διαδικασία. Στην τυπική περίπτωση οι δίσκοι σήμερα διατίθενται από τους κατασκευαστές τους μορφοποιημένοι στο επίπεδο αυτό.

Διαμερισμός (*partitioning*)

Αν και δεν είναι αναγκαίο, μια μονάδα φυσικού δίσκου μπορεί να διαμεριστεί σε άνω του ενός τμήματα που λέγονται *διαμερίσεις* (*partitions*). Χωρίζοντας τη μονάδα δίσκου κατ' αυτόν τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα να εγκατασταθεί σε κάθε διαμέριση - αν βέβαια αυτό είναι επιθυμητό - ξεχωριστό σύστημα αρχείων (βλ. παρακάτω) και κατ' επέκταση η δυνατότητα εγκατάστασης στον ίδιο φυσικό δίσκο άνω του ενός λειτουργικά συστήματα.

Ένας φυσικός δίσκος μπορεί να έχει από μία έως τέσσερις *κύριες διαμερίσεις*, ενώ μία κύρια διαμέριση μπορεί να περιλαμβάνει πολλές λογικές διαμερίσεις. Οι διαμερίσεις γίνονται με τη βοήθεια ειδικού για το σκοπό αυτό προγράμματος, το οποίο περιλαμβάνεται στο λειτουργικό σύστημα (π.χ *fdisk*, *parted* για Linux, *FDISK* για τα λειτουργικά συστήματα DOS και Windows κ.λπ.), αλλά μπορεί να αγοραστεί και ανεξάρτητα. Τα τελευταία είναι πιο φιλικά στη χρήση τους. Δυνατότητα για δημιουργία διαμερίσεων παρέχεται τυπικά και κατά την φάση εγκατάστασης λειτουργικών συστημάτων προσωπικών υπολογιστών. Κατά τη διαδικασία του διαμερισμού με κάποιον από του παραπάνω τρόπους, μπορεί κανείς να ορίσει τη θέση, το μέγεθος και τον τύπο του συστήματος αρχείων που θα περιλαμβάνει η υπό δημιουργία διαμέριση.

Τα προγράμματα διαμερίσεων γράφουν τις πληροφορίες που σχετίζονται με τη διαμέριση του δίσκου στον πρώτο τομέα του δίσκου (πρώτος τομέας του πρώτου ίχνους στην πρώτη επιφάνεια του δίσκου ή εναλλακτικά τομέας 0). Ο πρώτος τομέας αποτελεί την *κύρια εγγραφή εκκίνησης*, γνωστή *MBR* (*Master Boot Record*) του δίσκου. Τον τομέα αυτό "διαβάζει" το BIOS και εκκινεί τη μηχανή (βλ. 8.7). Η MBR, εκτός από το

κύριο πρόγραμμα εκκίνησης περιέχει επίσης πληροφορίες διαμερίσεων. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τέσσερις εγγραφές των 16 bytes έκαστη (64 bytes σύνολο), σε κάθε μία από τις οποίες τηρούνται πληροφορίες σχετικά με το αν η συγκεκριμένη διαμέριση είναι εκκινήσιμη ή όχι, την αρχή και το τέλος της διαμέρισης, τον τύπο της διαμέρισης κ.λπ.

Συστήματα Αρχείων

Κάθε λειτουργικό σύστημα χρησιμοποιεί δικό του σύστημα αρχείων. Ένα **σύστημα αρχείων** (*file system*) είναι στην ουσία ένας μηχανισμός του λειτουργικού συστήματος, μέσω του οποίου εκχωρείται χώρος στα αρχεία και, υλοποιείται η αναγνώριση (ονομασία) καθώς και η κάθε είδους προσπέλαση σε αυτά. Μέσω των συστημάτων αρχείων, παρέχεται από το λειτουργικό σύστημα, μια λογική εικόνα των αρχείων η οποία καθιστά δυνατή την προσπέλαση αρχείων που βρίσκονται στις περιφερειακές μνήμες (βλ. 8.4.6). Γνωστά συστήματα αρχείων είναι τα:

FAT: Σύστημα αρχείων για λειτουργικό σύστημα DOS και Windows 9x, Me. Υποστηρίζει ονόματα αρχείων μήκους 8 + 3 χαρακτήρων το μέγιστο, και μέγιστο μέγεθος διαμέρισης 2GB.

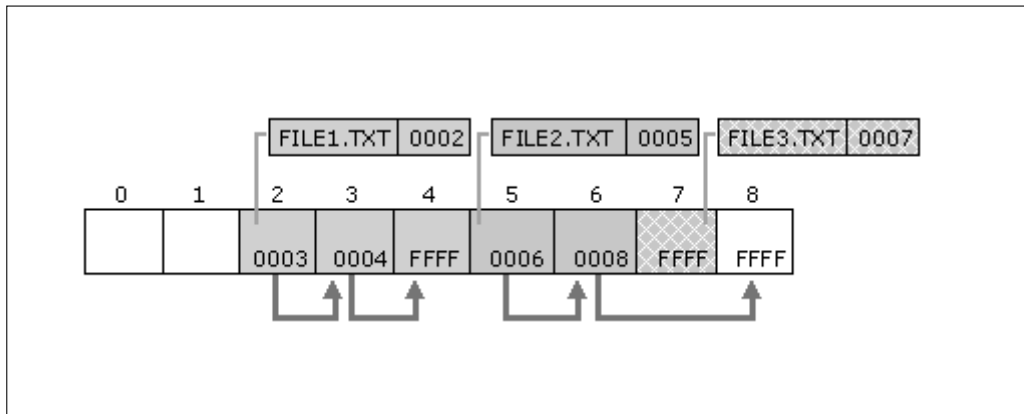
FAT32: Αποτελεί εξέλιξη του FAT (στο οποίο αναφερόμαστε πλέον ως FAT16), ώστε να υποστηρίζει μέγεθος αρχείου έως 4GB και μέγεθος διαμέρισης έως 32GB.

NTFS: Σύστημα αρχείων για λειτουργικό σύστημα Windows NT/2000/XP και νεότερα.. Υποστηρίζει ονόματα αρχείων μήκους 256 χαρακτήρων το μέγιστο, και θεωρητικό μέγιστο μέγεθος διαμέρισης 16EB. Επίσης υποστηρίζει δυνατότητες ασφάλειας που δεν υπάρχουν στα προηγούμενα συστήματα αρχείων.

ext2, ext3 και ext4: Συστήματα αρχείων για λειτουργικό σύστημα Linux.

ISO 9660. Σύστημα αρχείων για τα CD-ROM. Υποστηρίζει ονόματα 8 χαρακτήρων με τρεις χαρακτήρες επέκταση με χρήση των A-Z, 0-9, μέχρι οκτώ επίπεδα καταλόγων.

UDF (Universal Disk Format) Σύστημα αρχείων για αποθήκευση δεδομένων σε DVD κ.λπ.



Σχήμα 4.14 Απλό σύστημα αρχείων. Στο σύστημα αρχείων FAT16, τα αρχεία αποθηκεύονται ως συλλογή συστοιχιών (clusters) η θέση των οποίων είναι καταχωρημένη σε πίνακα.

Μορφοποίηση υψηλού επιπέδου (high level format)

Μετά τη δημιουργία της, κάθε διαμέριση πρέπει να μορφοποιηθεί σε υψηλό επίπεδο από το λειτουργικό σύστημα που θα την χρησιμοποιήσει. Κατά τη διάρκεια της μορφοποίησης υψηλού επιπέδου, το λειτουργικό σύστημα γράφει τις απαιτούμενες για τη διαχείριση αρχείων δομές στο δίσκο.

Οι δομές αυτές δεδομένων επιτρέπουν στο λειτουργικό σύστημα να διαχειρίζεται το χώρο στο δίσκο, να παρακολουθεί και να χειρίζεται τα αρχεία κ.λπ βλ. πλαίσιο 4.2 αριστερά. Ο τύπος αυτός μορφοποίησης δεν είναι στην πραγματικότητα φυσική μορφοποίηση αλλά η δημιουργία ενός πίνακα περιεχομένων στο δίσκο.

!!! Παράδειγμα 4.2

Για την περίπτωση της μορφοποίησης με βάση το σύστημα αρχείων FAT δημιουργείται ένας πίνακας εκχώρησης αρχείων (*File Allocation Table - FAT*). Μέσω του πίνακα αυτού τηρείται μια αντιστοιχία μεταξύ των συστοιχιών (clusters) που αποτελούν τη βασική λογική μονάδα αποθήκευσης στο δίσκο σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος και της φυσικής θέσης των δεδομένων στο δίσκο, σε όρους κυλίνδρων, ιχνών και τομέων που τηρεί ο ελεγκτήρας του δίσκου. Στον πίνακα αυτό τηρείται μια εγγραφή για κάθε αρχείο η οποία περιέχει τη διεύθυνση της συστοιχίας αρχής του αρχείου. Κάθε συστοιχία με τη σειρά της περιέχει έναν δείκτη για την επόμενη συστοιχία του συγκεκριμένου αρχείου ενώ η τελευταία περιέχει έναν δείκτη τέλους αρχείου (0xFFFF) που δηλώνει το τέλος του.

Διαφορετικά συστήματα αρχείων χρησιμοποιούν διαφορετικές δομές δεδομένων για τα τηρούμενα από αυτά αρχεία.

4.2.8 Συστοιχίες δίσκων (RAID)

Μία διαδεδομένη τεχνολογία που σχετίζεται με τους δίσκους και χρησιμοποιείται σε συστήματα παραγωγής είναι η **RAID** (**R**edundant **A**rray of **I**ndependent **D**isks - πλεονάζουσα συστοιχία ανεξάρτητων δίσκων). Κατά την τεχνολογία αυτή, ένα πλήθος δίσκων διασυνδέεται με ειδικό υλικό και λογισμικό με σκοπό την επαύξηση της αξιοπιστίας ή της ταχύτητας ή και των δύο.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι υλοποίησης RAID. Από αυτούς οι πλέον χρησιμοποιούμενοι είναι οι ακόλουθοι:

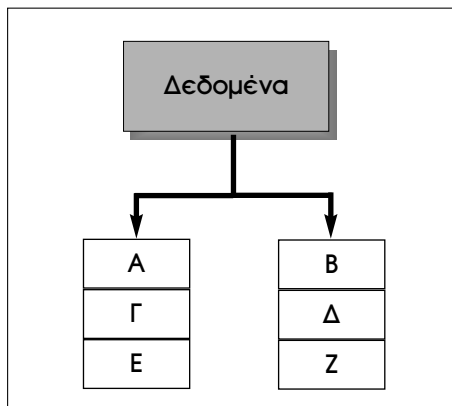
RAID 0: Τεμαχισμός (*striping*). Στον τύπο αυτό τα δεδομένα τεμαχίζονται και τα τεμάχια γράφονται ταυτόχρονα στις n μονάδες δίσκων που απαρτίζουν τη συστοιχία. Λόγω της ταυτόχρονης εγγραφής των τεμαχίων, επιτυγχάνουν αυξημένες ταχύτητες. Επιτυγχάνουν επίσης αυξημένη συνολική χωρητικότητα ($n \times \text{Μέγεθος_Δίσκου}$) αλλά μειωμένη αξιοπιστία επειδή αρκεί βλάβη σε έναν από τους δίσκους για να καταστρέψει συνολικά τα δεδομένα (σχ. 4.15).

Για αυτόν ακριβώς το λόγο δεν χρησιμοποιούνται σε μηχανές παραγωγής. Χρησιμοποιούνται μόνο σε εφαρμογές που απαιτούν αυξημένη ταχύτητα όπως η εγγραφή κινούμενης εικόνας, αλλά και στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να εξασφαλίζει κανείς το ταχύτερο εφεδρικά αντίγραφο.

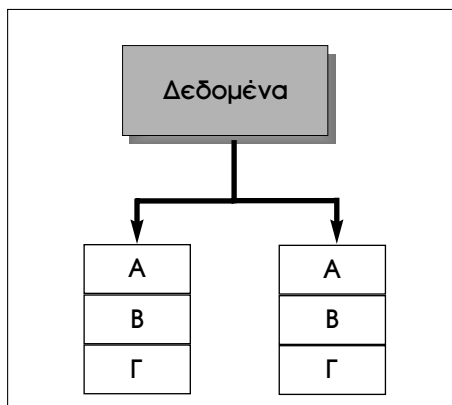
RAID 1: Κατοπτρισμός (*mirroring*). Τα δεδομένα που γράφονται σε μια μονάδα δίσκου αντιγράφονται και σε άλλη (ες). Αποτέλεσμα της αντιγραφής είναι η αυξημένη αξιοπιστία.

Μια συστοιχία με n δίσκους μπορεί να αντέξει σε αστοχία $n-1$ δίσκων χωρίς απώλεια δεδομένων. Το τίμημα βέβαια για αυτό είναι ότι ο διαθέσιμος χώρος δεν υπερβαίνει αυτόν του ενός δίσκου. Διπλασιάζεται δηλαδή το κόστος αποθήκευσης (σχ. 4.16).

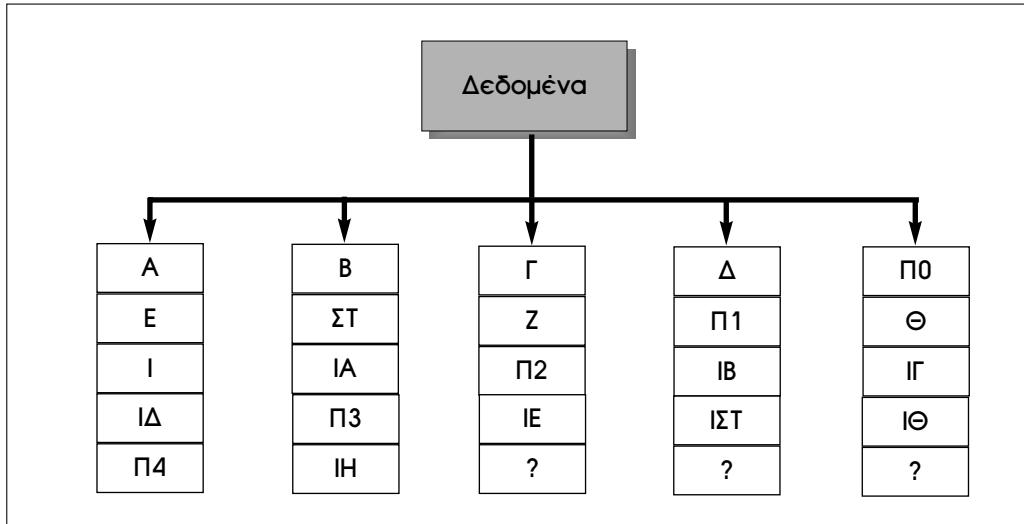
Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν μηδενικό χρόνο μη λειτουργίας.



Σχήμα 4.15 **RAID 0.** Με το RAID 0, επιτυγχάνεται αυξημένη ταχύτητα και χωρητικότητα αλλά με κόστος αυξημένο κίνδυνο απώλειας δεδομένων.



Σχήμα 4.16 **RAID 1.** Με το RAID 1, επιτυγχάνεται αυξημένη ανοχή στις αστοχίες, επειδή όποτε εγγράφονται δεδομένα σε έναν δίσκο, δημιουργείται και ένα αντίγραφο σε έναν άλλο.



Σχήμα 4.17 RAID 5. Αντί της τήρησης ενός πλήρους αντιγράφου όπως στο RAID 1, τηρούνται μόνο όσα δεδομένα απαιτούνται για την ανάκτηση των υπόλοιπων σε περίπτωση αστοχίας.

RAID 5 - Κατακερματισμένα δεδομένα με κατανεμημένη ισοτιμία. Στον τύπο αυτό RAID, εκτός από τα καθεαυτού δεδομένα, δημιουργούνται και πληροφορίες ισοτιμίας (parity) οι οποίες κατανέμονται σε όλους τους δίσκους και με βάση τις οποίες μπορούν να αναδημιουργηθούν τα δεδομένα σε περίπτωση βλάβης ενός δίσκου της συστοιχίας. Επιτυγχάνει χωρητικότητα Μέγεθος Δίσκου $\times (n-1)$. Ο τύπος αυτός RAID βρίσκει μεγάλη διάδοση σε μηχανές υπηρεσιών διαδικτύου επειδή επιτυγχάνει έναν ικανοποιητικό συμβιβασμό μεταξύ αξιοπιστίας και χώρου που δεν χρησιμοποιείται για πραγματική αποθήκευση.

Σε διάφορες υλοποιήσεις χρησιμοποιούνται και συνδυασμοί των παραπάνω, π.χ. RAID 10 ή 01 κ.λπ.

Σε περιπτώσεις αστοχίας ενός δίσκου, και υπό τον όρο ότι η υλοποίηση RAID το επιτρέπει, ο δίσκος μπορεί να αντικατασταθεί εν θερμώ (*hot swap*). Μετά την αντικατάστασή του το σύστημα RAID επαναδημιουργεί τα δεδομένα που του αντιστοιχούν (*rebuild*). Στη γενική περίπτωση μάλιστα μπορεί κατά την υλοποίηση να ληφθεί μέριμνα ώστε να αναλάβει αμέσως ένας δίσκος που βρίσκεται σε αναμονή (δίσκος *hot spare*).

Ο καθορισμός του τύπου της υλοποίησης RAID, καθώς και μιας σειράς λεπτομερειών που αφορούν στη γενική λειτουργία του γίνεται με ειδικό πρόγραμμα το οποίο παρέχεται από τον κατασκευαστή. Ανεξάρτητα από τον αριθμό μονάδων δίσκων που χρησιμοποιούνται σε μια υλοποίηση RAID, στο λειτουργικό σύστημα και κατ' επέκταση στον χρήστη του υπολογιστή, κάθε υλοποίηση εμφανίζεται ως ένας λογικός δίσκος.

Οι δίσκοι RAID χρησιμοποιούν κατά κανόνα διεπαφές SAS, FC ή SCSI, και συνδέονται στην αρτηρία της μητρικής μέσω ειδικής κάρτας ελεγκτήρα (*RAID controller*).

Θα πρέπει τέλος να αναφερθεί ότι, σε σχετικά μικρά συστήματα, οι διατάξεις RAID υπάρχουν στο εσωτερικό της κεντρικής μονάδας του υπολογιστή. Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις συναντά κανείς δίσκους σε ξεχωριστή μονάδα η οποία περιέχει μόνο δίσκους 10 με 20 τον αριθμό (*disk cabinet* ή *disk box* ή *external storage* - σχ. 4.18).

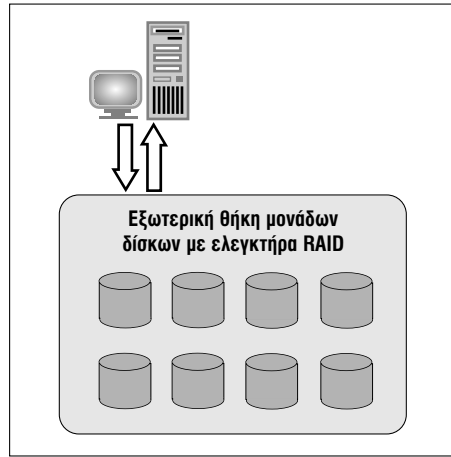
Η σύνδεση στην τελευταία περίπτωση γίνεται πάλι μέσω διεπαφής SCSI ή FC.

Δίκτυα Περιοχών Αποθήκευσης

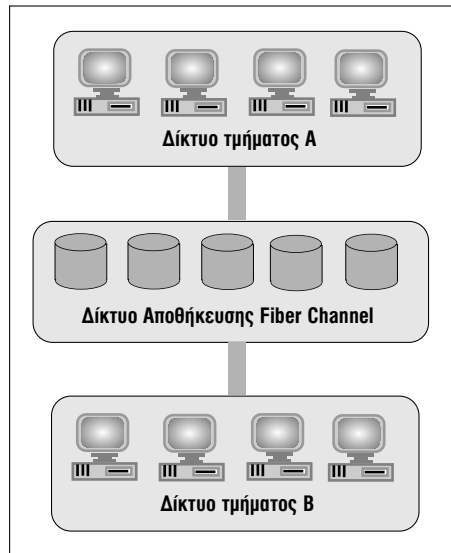
Τα Δίκτυα Περιοχών Αποθήκευσης (*Storage Area Networks SANs*) αποτελούν μια σχετικά καινούρια μέθοδο διαχείρισης αποθηκευτικών χώρων, κατά την οποία διάφορα αποθηκευτικά περιβάλλοντα συνδέονται μέσω ενός δικτύου υψηλής ταχύτητας. Σε ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να συνδέονται και μονάδες δίσκων αλλά και ταινιών, ενώ σε αυτό μπορούν να συνδεθούν πολλοί εξυπηρετητές. Οι σημερινές υλοποιήσεις βασίζονται κυρίως σε τεχνολογία διεπαφής Fiber Channel. Η Fiber Channel είναι μια πολύ γρήγορη διεπαφή 2-8 Gbit/s η οποία είναι σχεδιασμένη για τη διασύνδεση εκατοντάδων μονάδων σε ένα αξιόπιστο δίκτυο το οποίο μπορεί να καλύπτει έως και δεκάδες χιλιόμετρα.

Στα συστήματα που βασίζονται σε SAN μπορούν να αναπτυχθούν ανεξάρτητα από τους εξυπηρετητές. Κερδίζουν συνεχώς έδαφος επειδή ταιριάζουν στην υπάρχουσα σήμερα τάση προς ενοποίηση των συστημάτων αποθήκευσης. Παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα όσον αφορά στις επιδόσεις, στην ευελιξία, στην ασφάλεια και στην κεντρική διαχείριση των δεδομένων, ενώ μπορούν να επεκταθούν εύκολα ανάλογα με τις ανάγκες.

Γενικά πρόκειται για πολύ ακριβές υλοποιήσεις αποθήκευσης, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλες επιχειρήσεις και οργανισμούς με αυξημένες απαιτήσεις σε επιδόσεις και όγκους αποθήκευσης.



Σχήμα 4.18 *Εξωτερικά συστήματα αποθήκευσης. Συχνά σε μεσαίες εγκαταστάσεις, οι βάσεις δεδομένων φιλοξενούνται σε εξωτερικές συστοιχίες δίσκων.*



Σχήμα 4.19 *Απλή διάταξη SAN. Σύνδεση λύσεων αποθήκευσης ενός οργανισμού σε δίκτυο.*

4.3 Μονάδες Αποσπώμενου Μέσου

Πέρα από τους σκληρούς δίσκους που ήδη εξετάστηκαν και οποίοι αποτελούν το κύριο μέσο αποθήκευσης σε οποιονδήποτε υπολογιστή, συναντά κανείς και μια σειρά από μονάδες αποθήκευσης στις οποίες το μέσο είναι αποσπώμενο και μπορεί να μετακινηθεί σε αντίστοιχη μονάδα άλλου υπολογιστή. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που οδήγησαν στην ανάπτυξη των μονάδων αποθήκευσης αποσπώμενου μέσου:

- **Διανομή λογισμικού** από τους κατασκευαστές του προς το αγοραστικό κοινό.
- Δημιουργία **εφεδρικών αντιγράφων (backup)**.
- **Αρχειοθέτηση (archiving)** δεδομένων και πληροφοριών.
- **Μεταφορά** μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων μεταξύ υπολογιστών όταν δεν υπάρχει μεταξύ τους ικανοποιητική δικτυακή σύνδεση.
- Αποθήκευση πληροφοριών για τις οποίες **δεν είναι επιθυμητή η πρόσβαση από άλλους χρήστες** του υπολογιστή.

Οι σύγχρονες περιφερειακές μονάδες αποθήκευσης αποσπώμενου μέσου προσφέρουν χωρητικότητες έως 300 GBs ή και παραπάνω.

Γενικά οι περιφερειακές μονάδες αποσπώμενου μέσου αποθήκευσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

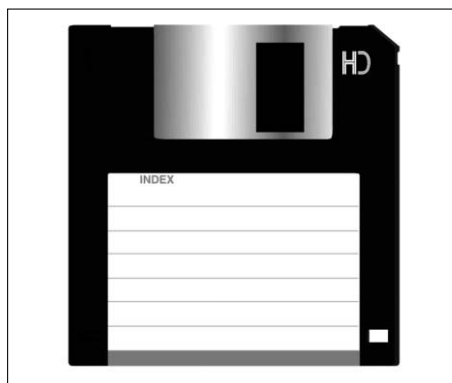
- **Μαγνητικής** αποθήκευσης.
- **Οπτικής** αποθήκευσης.
- Αποθήκευσης **στερεάς κατάστασης (solid state)**.

4.4 Φορητοί Μαγνητικοί Δίσκοι

Εκτός από τους σκληρούς δίσκους, οι οποίοι είναι στερεωμένοι στο εσωτερικό υπολογιστών ή ειδικών μονάδων δίσκων που εξετάστηκαν, κυκλοφορούν στο εμπόριο και μαγνητικοί δίσκοι σε διάφορες μορφές και μεγέθη, οι οποίοι είναι σαφώς φορητοί.

4.4.1 Εύκαμπτοι δίσκοι

Οι εύκαμπτοι δίσκοι ή δισκέτες, (*floppy* ή *flexible disks*) αποτελούνται από ένα πλαστικό δίσκο επιχρισμένο με μαγνητικό υλικό. Όπως και στην περίπτωση του σκληρού δίσκου, ο δίσκος μιας δισκέτας, χωρίζεται σε *ίχνη* (*tracks*) και κάθε ίχνος σε *τομείς* (*sectors*). Ο δίσκος αυτός προστατεύεται από ορθογώνιο πλαστικό φάκελο. Στο κάτω άκρο του φακέλου υπάρχει μία θυρίδα η οποία μπορεί να κλείσει ή να ανοίξει. Αν η θυρίδα αυτή είναι ανοικτή, η δισκέτα είναι προστατευμένη από εγγραφή (*write protect*). Αν κλείσει τότε μπορεί κανείς να γράψει σε αυτήν.



Σχήμα 4.20 *Τυπική δισκέτα. Αποθηκεύει μέχρι 1,44 MB. Η χρήση της φθίνει.*

Βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με τους σκληρούς δίσκους, αλλά εδώ ο δίσκος είναι, πλαστικός και η κεφαλή δεν ίπταται αλλά εφάπτεται της επιφάνειάς.

Όσον αφορά στη μορφοποίηση, αν η δισκέτα είναι τελείως αμορφοποίητη, με ειδική εντολή γίνεται και η μορφοποίηση χαμηλού και η υψηλού επιπέδου. Αν είναι ήδη μορφοποιημένη, γίνεται μόνο η υψηλού επιπέδου. Σήμερα κατά κανόνα οι δισκέτες που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι μορφοποιημένες. Η μορφοποίηση μπορεί να γίνει κατά βούληση του χρήστη με ειδικό χειρισμό από το λειτουργικό σύστημα. Θα πρέπει όμως να έχει κανείς υπόψη του ότι η μορφοποίηση καταστρέφει τα τυχόν υπάρχοντα δεδομένα.

Στον χώρο των Προσωπικών Υπολογιστών, συναντώνται δισκέτες των 3 1/2 in με χωρητικότητα 1,44MB. (σχήμα 4.20). Πρέπει να παρατηρηθεί ότι, η χρήση του μέσου αυτού αποθήκευσης, φθίνει προς όφελος των μονάδων στερεάς κατάστασης (*flash* - βλ. παρακάτω).

4.4.2 Φορητοί σκληροί δίσκοι

Πρόκειται για σκληρούς δίσκους οι οποίοι είναι εξαιρετικά μικρού βάρους και κατά συνέπεια σαφώς φορητοί. Συνδέονται εύκολα στον υπολογιστή τυπικά μέσω θυρών USB.

Κυκλοφορούν κυρίως στη διάσταση των 2,5". Οι τυπικές χωρητικότητες των δίσκων αυτών σήμερα (2010) είναι τα 320-500GB.



Σχήμα 4.21 *Φορητός σκληρός δίσκος. Αποθηκεύει μέχρι 500GB.*

4.5 Ταινίες

Οι μαγνητικές ταινίες υπήρξαν το πρώτο μέσο βοηθητικής μνήμης το οποίο έτυχε ευρείας αποδοχής. Η μαγνητική ταινία αποτελείται από πλαστική ύλη επιχρισμένη με μαγνητικό υλικό. Σήμερα τις συναντά κανείς σε μορφή κασετών, συνηθέστερα τους ακόλουθους τύπους:

4.5.1 Ταινίες DAT (Digital Audio Tape)

Χρησιμοποιούν τεχνολογία **DDS** (*Digital Data Storage*) και σήμερα κυκλοφορούν στις ακόλουθες εκδόσεις:

DDS-1, με χωρητικότητα 2 GB ή 4 GB με συμπίεση.

DDS-2, με χωρητικότητα 4 GB ή 8 GB με συμπίεση.

DDS-3, με χωρητικότητα 12 GB ή 24 GB με συμπίεση.

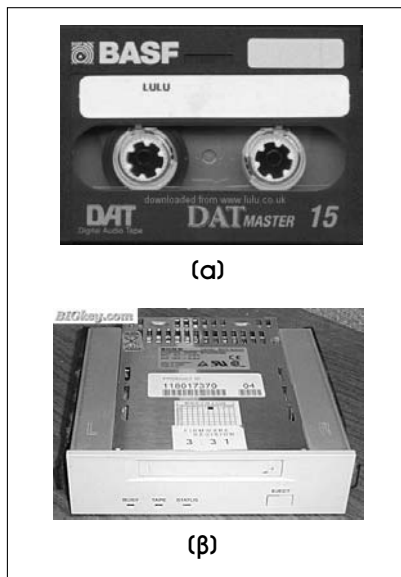
DDS-4, με χωρητικότητα 20 GB ή 40 GB με συμπίεση.

Ας σημειωθεί ότι, για να χρησιμοποιηθεί π.χ. μια κασέτα DDS-4 πρέπει και ο οδηγός ταινίας να υποστηρίζει τη συγκεκριμένη χωρητικότητα.

Ένας οδηγός ταινίας DDS, γενικά παρουσιάζει την εικόνα του σχήματος 4.21 (β).

Εμφανίζει δύο ή τρία ενδεικτικά λαμπάκια που δείχνουν την κατάσταση λειτουργίας της μονάδας (σε λειτουργία, σε αναμονή κ.λπ.).

Η τοποθέτηση της γίνεται με απλή ώθηση στην θέση υποδοχής της μονάδας. Μπορεί κανείς να εξάγει την κασέτα πιέζοντας το αντίστοιχο κουμπί. Τυπικά η σύνδεση της μονάδας ταινίας με τον υπολογιστή γίνεται μέσω διεπαφής SCSI.



Σχήμα 4.22 DAT. (α) ταινία DAT (β) οδηγός ταινίας DAT.

4.5.2 Ταινίες DLT (Digital Linear Tape)

Η τεχνολογία αυτή, χωρίζει την ταινία σε παράλληλα οριζόντια ίχνη και γράφει μέσω μιας ακίνητης κεφαλής. Πρόκειται για πολύ αξιόπιστο και ιδιαίτερα ταχύ σύστημα μαγνητικών ταινιών επειδή κατά την τεχνολογία αυτή το φυσικό μέσο δεν έρχεται σε

επαφή με την κεφαλή. Χρησιμοποιείται ευρέως για ανάγκες αρχείων εφεδρικών αντιγράφων σε μεσαία συστήματα και συνδέεται στον υπολογιστή μέσω διεπαφής SCSI.

Συναντά κανείς τις ακόλουθες τυποποιήσεις:

DLT2000, με χωρητικότητα 15 GB ή 30 GB με συμπίεση, ρυθμός μεταφοράς 2,5MB/s.

DLT4000, με χωρητικότητα 20 GB ή 40 GB με συμπίεση, ρυθμός μεταφοράς 3MB/s.

DLT7000, με χωρητικότητα 35 GB ή 70 GB με συμπίεση, ρυθμός μεταφοράς 20MB/s.

DLT8000, με χωρητικότητα 40 GB ή 80 GB με συμπίεση.

Super DLT, με χωρητικότητα 160 GB ή 320 GB με συμπίεση.

Σε μερικά μοντέλα μονάδων DLT για να εισαχθεί μία κασέτα DLT στην αντίστοιχη μονάδα πρέπει πρώτα να ανοιχθεί η θυρίδα που καλύπτει την είσοδο. Επίσης πριν επιχειρήσει κανείς να εξάγει μία ταινία από την μονάδα DLT πρέπει επίσης να πιέσει αντίστοιχο κουμπί.

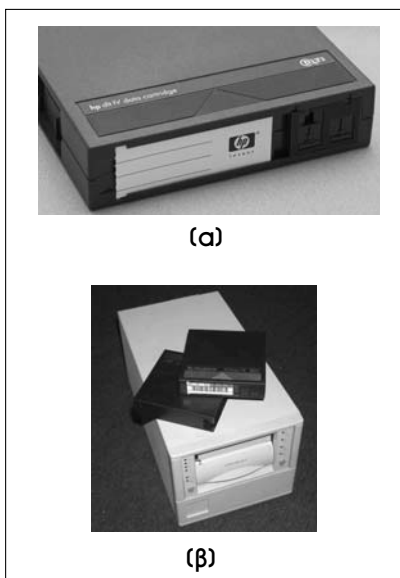
4.5.3 Ταινίες LTO (Linear Tape Open)

Με την τεχνολογία συστήματος ταινίας LTO, επιτυγχάνονται μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης (35 MB/s), μεγάλες χωρητικότητες (200GB) και αξιοπιστία για εφεδρικά αντίγραφα.

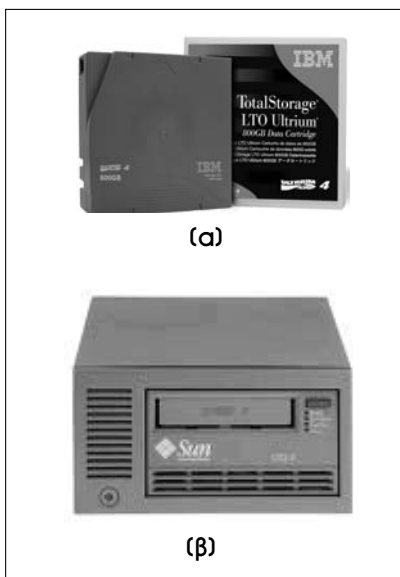
Χρησιμοποιεί κασέτες και οδηγούς παρόμοιους σε εμφάνιση με τα DLT.

4.5.4 Βιβλιοθήκες ταινιών

Έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεσαίες εγκαταστάσεις ειδικές μονάδες που χειρίζονται σύνολα ταινιών. Οι μονάδες αυτές είναι γνωστές ως **βιβλιοθήκες ταινιών** (*tape libraries*).



Σχήμα 4.23 DLT. (α) ταινία DLT (β) οδηγός ταινίας DLT.



Σχήμα 4.24 LTO. (α) ταινία LTO (β) οδηγός ταινίας LTO.

Οι μονάδες αυτές χειρίζονται αυτόματα 5 - 7 κασέτες με στόχο την παροχή αυτόματης (*unattended*) λήψης εφεδρικών αντιγράφων π.χ. για μια βδομάδα. Παρόμοιες συσκευές μπορεί να περιλαμβάνουν δεκάδες κασέτες που φτάνουν την χωρητικότητα εφεδρικών αντιγράφων στην τάξη των TB (terabyte). Συνδέονται με διεπαφή SCSI, ή σε δίκτυα SAN.

Παλιότερα, συναντούσε κανείς ταινίες σε καρούλια (*reels*) και σε κασέτες (*cartridges*). Μαγνητικές ταινίες σε καρούλια συναντά κανείς σήμερα σε μεγάλους παλαιούς υπολογιστές, DAT/DDS σε μικρούς υπολογιστές, π.χ. προσωπικούς.

Τα DLTs και τα LTOs χρησιμοποιούνται σε μηχανές στις οποίες εκτελούνται προγράμματα εξυπηρετητών (*servers*) και σε μεγαλύτερα συστήματα. Στα τελευταία μάλιστα, συχνά εισάγονται κατά ομάδες (π.χ. δεκάδες) σε ειδικές συσκευές οπότε η αλλαγή τους μπορεί να γίνει προγραμματισμένα σύμφωνα με τις εκάστοτε ανάγκες (βιβλιοθήκες εφεδρικών αντιγράφων).

Θα πρέπει τέλος να σημειωθεί ότι, οι ταινίες είναι ένα αναγκαστικά **ακολουθιακό** μέσο. Αυτό σημαίνει ότι για να διαβαστεί κάποια συγκεκριμένη πληροφορία πρέπει να διαβαστούν όλες οι προηγούμενες. Το γεγονός αυτό τις καθιστά αργές και σήμερα πλέον κατάλληλες μόνο για εφεδρικά αντίγραφα (*backup*) ή για μαζική αποθήκευση στοιχείων για μεταγενέστερη επεξεργασία.

4.6 Οπτικοί Δίσκοι

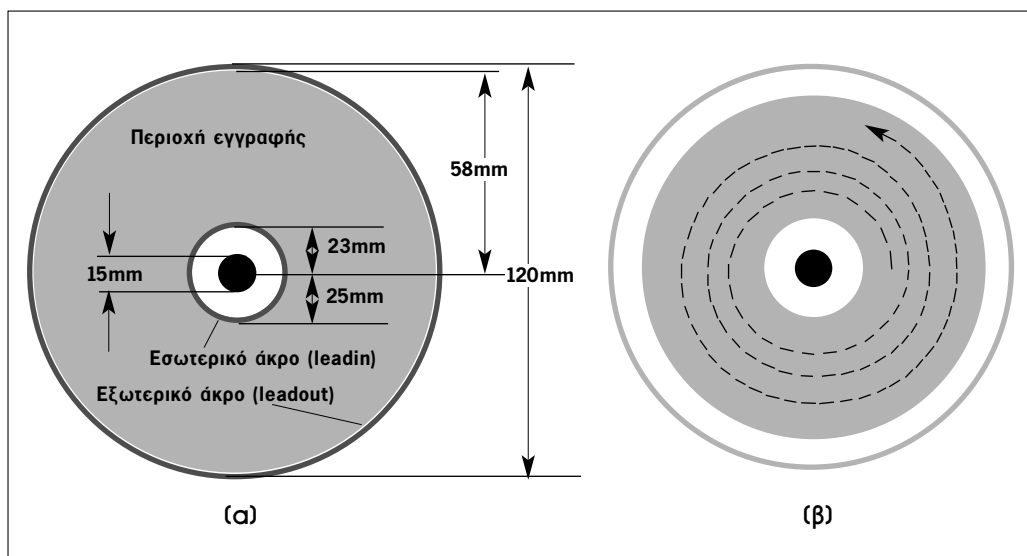
Μια τεχνολογία μνημών αποσπώμενου μέσου με ευρεία γκάμα εφαρμογών, είναι οι οπτικοί δίσκοι. Πρόκειται για οπτικο - ηλεκτρονικές διατάξεις, όπου τα δεδομένα εγγράφονται και διαβάζονται με τη βοήθεια φωτός *laser*.

4.6.1 Συμπαγείς δίσκοι (CDs)

Οι συμπαγείς δίσκοι, *CDs* (*Compact Disks*), είναι οι πρώτοι οπτικοί δίσκοι που εμφανίστηκαν (αρχή της δεκαετίας του '80). Κυκλοφορούν σε διάφορες μορφές, όπως CD ήχου (*CD-DA*, *Digital Audio*), CD μόνο ανάγνωσης (*CD-ROM*), εγγράψιμο CD (*CD-R*), *VCD* (*Video CD*) κ.α.

Ένας δίσκος *CD* έχει διάμετρο 120 mm, πάχος 1,2 mm και μία οπή στο κέντρο διαμέτρου 15mm. Αποτελείται από ένα πλαστικό υπόστρωμα, το οποίο είναι καλυμμένο από ένα αλουμινένιο στρώμα ανάκλασης, το οποίο με τη σειρά του καλύπτεται από ένα προστατευτικό στρώμα βερνικιού.

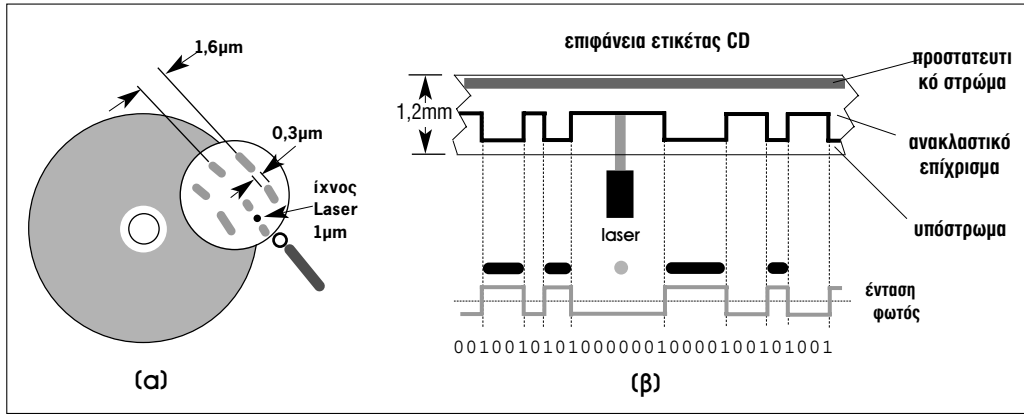
Αν κανείς εξετάσει με μικροσκόπιο την επιφάνεια του υποστρώματος ενός γραμμένου CD, θα διαπιστώσει πάνω σε αυτήν υπάρχουν ανεπτυγμένες σπειροειδώς διαδοχές από μικροσκοπικά λακκάκια που λέγονται **κοιλώματα** (*pits*) και **επίπεδες περιοχές**



Σχήμα 4.25 CD. Διαστάσεις και βασική δομή (α), Τομείς σε ελικοειδές ίχνος (β).

(lands). Τα κοιλώματα έχουν βάθος περίπου $0,12\mu\text{m}$ (σχ. 4.23). Ειδικές διατάξεις ακριβείας εστιάζουν μια δέσμη laser χαμηλής ισχύος διαμέτρου περίπου ενός μικρού, πάνω στο στρώμα υποβάθρου που βρίσκεται αμέσως μετά το προστατευτικό πλαστικό επίχρισμα του δίσκου. Καθώς ο δίσκος περιστρέφεται, η δέσμη είτε διασκορπίζεται στα κοιλώματα είτε ανακλάται από τα επίπεδα πίσω σε έναν ανιχνευτή που περιέχει φωτοευαίσθητες διόδους, οι οποίες παράγουν τάση κάθε φορά που μεταβάλλεται το ανακλώμενο φως (1 για μετάβαση από κοιλώμα σε επίπεδη περιοχή και αντίστροφα, 0 απουσία μετάβασης). Οι τάσεις αυτές σε συνδυασμό με ένα κύκλωμα χρονισμού παράγουν τα 0 και 1 που αντιλαμβάνεται ο υπολογιστής (σχ. 4.25). Τα δεδομένα δεν γράφονται σε ομόκεντρους κύκλους όπως στους σκληρούς δίσκους· το ίχνος εδώ (track) αναπτύσσεται ελικοειδώς από το κέντρο προς τα άκρα (σχ. 4.25β). Η απόσταση των γειτονικών ιχνών του σπειροειδούς ίχνους είναι $1,6\ \mu\text{m}$, γεγονός που οδηγεί σε μια πυκνότητα ιχνών των 625 στροφών ανά χιλιοστό, συνολικά περί τις 20.000 περιελίξεις, και μήκος σπειροειδούς ίχνους περί τα $5,7\text{km}$.

Για να αποφευχθούν κοιλώματα πολύ μικρού μεγέθους, ή κοιλώματα που βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους· καθώς και προβλήματα που έχουν να κάνουν με την παρακολούθηση του ίχνους και τους απαραίτητους συγχρονισμούς, χρησιμοποιείται η κωδικοποίηση διαμόρφωση οκτώ σε δεκατέσσερα (Eight to Fourteen Modulation - **EFM**). Με την κωδικοποίηση αυτή, οκτώ bits δεδομένων κωδικοποιούνται σε δεκατέσσερα bits τα οποία είναι και αυτά που γράφονται φυσικά στο CD και τα οποία είναι γνωστά ως **bits καναλιού** (channel bits).



Σχήμα 4.26 Αρχή λειτουργίας CD. (α) Οι επίπεδες περιοχές ανακλούν πλήρως το φως, ενώ τα κοιλώματα το διαχέουν (β).

||| Παράδειγμα 4.2

Αν υποθεθεί ότι πρόκειται να εγγραφεί η σύντηξη "CD" στην επιφάνεια ενός CD, ισχύουν τα ακόλουθα:

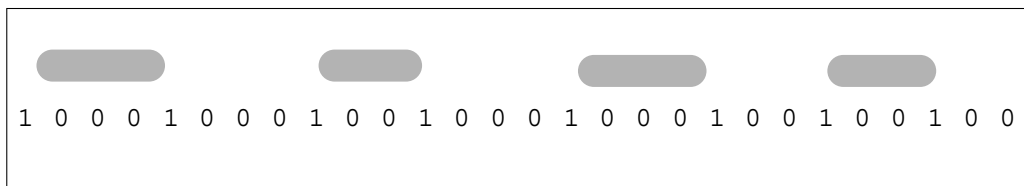
Κωδικοί ASCII: $C = 67_{10}$ ή 01000011_2 , $D = 68_{10}$ ή 01000100_2

Από τον πίνακα μετατροπής EFM,

Δεκαδικός	Δυαδικός	EFM
0	00000000	01001000100000
1	00000001	10000100000000
...
67	01000011	10001000100100
68	01000100	01000100100100
...

λαμβάνεται η ακολουθία των bits καναλιού: 10001000100100010001000100100
 με αποτύπωμα επί του CD: lppplllllppplllllppppllllpppllll

Στο σχήμα 4.27, φαίνεται μια σχηματική παράσταση του αποτυπώματος.



Σχήμα 4.27 Κωδικοποίηση EFM. Οι χαρακτήρες "CD" κωδικοποιημένοι κατά EFM.

Όπως θα εξεταστεί αμέσως μετά, μεταξύ δύο κωδικών EFM, παρεμβάλλονται τρία bits σύζευξης τα οποία χάριν απλότητας δεν απεικονίζονται στο σχήμα 4.27.

4.6.2 CD ήχου

Οι προδιαγραφές για τα CD ήχου (**CD-DA**, **Digital Audio**), αναπτύχθηκαν από τις Philips και Sony και εκδόθηκαν το 1980, σε ένα έγγραφο γνωστό ως *Κόκκινο Βιβλίο* (*Red Book*). Στο έγγραφο αυτό, καθορίζονται οι φυσικές παράμετροι και οι δομές δεδομένων που χρησιμοποιούνται στα CD ήχου.

Σε ένα CD ήχου, η περιοχή εσωτερικού άκρου (*lead in* σχ. 4.25), περιέχει τον *πίνακα περιεχομένων* (*Table Of Contents - TOC*), όπου μπορεί να καταλογοποιούνται έως 99 κομμάτια ήχου. Η περιοχή αυτή χρησιμεύει και για το συγχρονισμό της συσκευής αναπαραγωγής ώστε αυτή να αρχίσει την αναπαραγωγή. Η περιοχή εξωτερικού άκρου (*lead out*), περιέχει κώδικες που επιτρέπουν στη συσκευή αναπαραγωγής να ανιχνεύσει το τέλος του δίσκου.

Τα δεδομένα ήχου, γράφονται στην περιοχή εγγραφής. Τα δεδομένα ήχου στα CD, εγγράφονται βασικά υπό μορφήν δειγμάτων των 16bits με χρήση κωδικοποίησης PCM και ρυθμό δειγματοληψίας 44,1KHz (βλ. 14.4.2). Επειδή πρόκειται για στερεοφωνικό ήχο, υπάρχουν δύο δείγματα για κάθε σημείο στο χρόνο, άρα 32 bits. Έξι δείγματα για κάθε κανάλι, ομαδοποιούνται σε ένα *πλαίσιο* (*frame*). Κατά συνέπεια κάθε πλαίσιο περιλαμβάνει $6 \times 32 = 192$ bits δηλ. 24 bytes δεδομένων ήχου, στα οποία προστίθενται άλλα εννέα bytes, (ένα byte ελέγχου και 8 bytes για λόγους εντοπισμού και διόρθωσης λαθών). Τα 33 bytes κωδικοποιούνται στη συνέχεια κατά EFM για εγγραφή: κάθε ακολουθία των 8-bits αντικαθίσταται από μια ομάδα 14ων bits και κάθε ομάδα των 14 bits χωρίζεται από τη γειτονική της από 3 bits *συγχώνευσης* (*merge bits*) οπότε προκύπτουν $(14+3) \times 33 = 561$ bits. Τα bits συγχώνευσης επιλέγονται ώστε, τα 1 στο τέλος και την αρχή διαδοχικών ομάδων EFM να έχουν από δύο έως δέκα 0 μεταξύ τους. Τέλος, γίνεται προσθήκη άλλων 24 bits (+ 3 συγχώνευσης) στην αρχή του πλαισίου, τα οποία χρησιμεύουν στο συγχρονισμό της συσκευής αναπαραγωγής με τον αρχή κάθε πλαισίου. Αθροίζοντας τα ανωτέρω καταλήγει κανείς ότι ένα πλαίσιο περιλαμβάνει 588 bits (καναλιού). Τα πλαίσια ομαδοποιούνται σε *τμήματα* (*blocks*) των 98 πλαισίων. Ένα πλαίσιο αντιστοιχεί σε 1/75 του δευτερολέπτου χρόνου παιξίματος, ενώ ένα CD ήχου αποθηκεύει 74min υψηλής ποιότητας ήχου stereo.

4.6.3 CD-ROM

Οι προδιαγραφές για το CD-ROM, εκδόθηκαν από τις Philips και Sony το 1984 στο λεγόμενο *Κίτρινο Βιβλίο* (*Yellow Book*). Από φυσική άποψη, το CD-ROM είναι ακριβώς ίδιο με το CD ήχου. Από λογική άποψη, ένα CD-ROM, μπορεί να περιέχει ήχο.

Ένα CD-ROM, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αποθήκευση δεδομένων. Στην τελευταία περίπτωση, χρησιμοποιείται μια πολύπλοκότερη δομή βασισμένη σε τομείς, έτσι ώστε να παρέχεται βελτιωμένος εντοπισμός και διόρθωση λαθών καθώς και ευκολότερη τυχαία προσπέλαση στα δεδομένα που έχουν καταγραφεί. Πιο συγκεκριμένα, ο τομέας στα CD-ROM δεδομένων αποτελεί την ελάχιστη ανεξάρτητα προσπελάσιμη μονάδα. Κάθε τομέας περιέχει 98 πλαίσια. Τα πλαίσια είναι όμοια με αυτά που περιγράφθηκαν για το CD-DA, δηλ. κάθε πλαίσιο των 588 bits καναλιού, περιέχει “ωφέλιμο φορτίο” 192 bits, ή 24bytes. Άρα υπάρχουν $24 \times 98 = 2.352$ bytes ανά τομέα. Από αυτά, μόνο τα 2.048 χρησιμοποιούνται για δεδομένα του χρήστη, ενώ τα υπόλοιπα για βοηθητικές πληροφορίες.

Πέρα από τον καθορισμό της φυσικής δομής και τον τρόπο εγγραφής των bits στην επιφάνεια του CD-ROM, χρειάζεται και η υιοθέτηση ενός συστήματος αρχείων, ώστε να καταστεί δυνατή η δημιουργία μιας δομής καταλόγων στην οποία θα ενταχθούν τα αρχεία δεδομένων του χρήστη και οργανωθούν με βάση το όνομά τους. Στα CD χρησιμοποιούνται τα συστήματα αρχείων **ISO 9660***, **Joliet**, **UDF** κ.λπ. (βλ. πλαίσιο 4.2).

Χρήσιμο είναι να σημειωθεί εδώ ότι, τα CDs εμφανίστηκαν αρχικά με αποκλειστικό σκοπό την αποθήκευση και αναπαραγωγή ήχου. Κατά συνέπεια, στα CD-DA, δεν χρησιμοποιείται κάποιο ιδιαίτερο σύστημα αρχείων, δεν υπάρχουν αρχεία με τη συνηθισμένη έννοια. Απλά υπάρχουν δεδομένα ήχου σε ίχνη (tracks) στα οποία η προσπέλαση επιτυγχάνεται μέσω του πίνακα περιεχομένων.

Σε ένα δίσκο CD-ROM μπορεί να αποθηκεύσει κανείς 737MB δεδομένων (δίσκος 80 λεπτών) ή 681MB δεδομένων (δίσκος 74 λεπτών). Ένας τυπικός δίσκος CD-ROM έχει εγγραφεί από τον προμηθευτή του και μπορεί μόνο να διαβαστεί.

Οι δίσκοι CD-ROM χρησιμοποιούνται οπουδήποτε απαιτείται αποθήκευση δεδομένων, που πρακτικά μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν μεταβάλλονται και εμφανίζει καλά χαρακτηριστικά διάρκειας ζωής, αν αποθηκευτεί προσεκτικά και σε κατάλληλο περιβάλλον.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των μονάδων CD-ROM είναι η ταχύτητά τους η οποία καθορίζεται με βάση την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων των πρώτων μονάδων που εμφανίστηκαν, και η οποία ήταν 150 KB/s. Η ταχύτητα αυτή ορίζεται και ως **1x**. Έτσι, μια μονάδα 4x είναι τέσσερις φορές ταχύτερη, μία 16x δεκαέξι φορές ταχύτερη κ.ο.κ. Σήμερα συναντά κανείς και μονάδες 56x. Η βελτίωση σε ταχύτητα προέρχεται κυρίως από την αύξηση της ταχύτητας περιστροφής του δίσκου.

Σημείωση

* Ας σημειωθεί εδώ ότι, δεν θα πρέπει να γίνεται σύγχυση μεταξύ του συστήματος αρχείων ISO 9660 και της εικόνας ISO (ISO image). Η εικόνα ISO, είναι ένα αρχείο που περιλαμβάνει οτιδήποτε περιέχεται σε ένα CD. Τα αρχεία αυτά, έχουν τυπικά την προέκταση .iso, και μπορούν να δημιουργηθούν από ένα CD ή να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός CD με χρήση ειδικού λογισμικού.

4.6.4 Εγγράψιμο CD (CD-R)

Το εγγράψιμο CD ή **CD-R** (*CD-Recordable*), εμφανίστηκε το 1988, όταν οι Philips και Sony, εξέδωσαν τις αντίστοιχες προδιαγραφές στο λεγόμενο **Πορτοκαλί Βιβλίο** (*Orange Book*).

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για το CD-R, είναι συμβατή τόσο με το κόκκινο βιβλίο (CD-DA) όσο και με το κίτρινο (CD-ROM) και κατά συνέπεια τα CD-Rs μπορούν να αναπαραχθούν σε συσκευές αναπαραγωγής μουσικών CD, αλλά και να διαβαστούν από μονάδες CD-ROM.

Για την εγγραφή, χρησιμοποιείται μια σχετικά ισχυρή δέσμη Laser (περίπου δέκα φορές ισχυρότερη από αυτή μιας συσκευής αναπαραγωγής CD), η οποία θερμαίνει το στρώμα που παρεμβάλλεται μεταξύ του στρώματος ανάκλασης και του πολυκαρβονικού υποβάθρου, δημιουργώντας ένα μόνιμο αποτύπωμα. Η διαδικασία είναι γνωστή και ως **κάψιμο** (*burning*). Το αποτύπωμα αυτό, μεταβάλλει τις ανακλαστικές ιδιότητες του στρώματος που έπεται, καθιστώντας το λιγότερο ανακλαστικό από της "άκαφτες" περιοχές.

Στην περίπτωση που είναι επιθυμητό να γίνει εγγραφή σε ένα CD-R ή CD-RW, θα πρέπει ο υπολογιστής να είναι εφοδιασμένος με ειδική μονάδα εγγραφής καθώς και με ειδικό λογισμικό εγγραφής.

4.6.5 Βίντεο CD (VCD)

Περιέχει μέχρι 74 λεπτά βίντεο κωδικοποιημένο κατά MPEG1 (βλ. 14.6.6), και αντίστοιχο ήχου. Η αναπαραγωγή μπορεί να γίνει σε αντίστοιχες συσκευές αναπαραγωγής, σε συσκευές αναπαραγωγής DVD ή στον υπολογιστή. Παρέχει ποιότητα συγκρίσιμη με τις αναλογικές κασέτες VHS. Απόγονος του VCD είναι το Super VCD, το οποίο εμφανίζει μεγαλύτερη ανάλυση από το VCD αλλά μικρότερη από το DVD.

CLV και CAV

Επειδή τα CDs σχεδιάστηκαν αρχικά για εγγραφή ήχου, η ταχύτητα με την οποία η μονάδα διαβάζει δεδομένα έπρεπε να είναι σταθερή. Για τη διατήρηση της σταθερής αυτής ροής δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε μια τεχνική που λέγεται **σταθερή γραμμική ταχύτητα** (*Constant Linear Velocity - CLV*). Αυτό σημαίνει ότι το ίχνος περνά από την ακτίνα laser που το διαβάζει πάντα με την ίδια ταχύτητα, η οποία ορίστηκε αρχικά στο 1,3m/s. Επειδή το ίχνος έχει μορφή ελικοειδή πρέπει η περιστροφή να γίνεται με διαφορετικούς ρυθμούς ανάλογα με την εκάστοτε θέση ανάγνωσης ώστε να διατηρείται η ίδια γραμμική ταχύτητα· δηλ. πρέπει να περιστρέφεται ο δίσκος γρηγορότερα όταν διαβάζεται το εσωτερικότερο τμήμα και αργότερα όταν διαβάζεται το εξωτερικότερο τμήμα. Η τεχνική CLV συναντά εμπόδια στην υλοποίησή της όταν η ταχύτητα φτάσει γύρω

στο 12x. Για το λόγο αυτό ταχύτερες μονάδες χρησιμοποιούν περιστροφή με **σταθερή γωνιακή ταχύτητα** (**CAV - Constant Angular Velocity**). Με την τεχνική CAV, τα δεδομένα περνούν από την ακτίνα laser που τα διαβάζει με διάφορες ταχύτητες, ανάλογα με τη φυσική τους θέση στο δίσκο.

Μια τυπική μονάδα CD-ROM συνδέεται με τον προσωπικό υπολογιστή μέσω μιας διεπαφής SATA, στην αντίστοιχη υποδοχή της μητρικής πλακέτας. Η σύνδεση μέσω διεπαφών ATAPI (εξέλιξη της IDE) και SCSI τείνει να εκλείψει. Πέρα από τη σύνδεση διεπαφής, μια μονάδα CD-ROM συνδέεται με το τροφοδοτικό μέσω ειδικού καλωδίου.

4.6.6 DVD

Οι δίσκοι **DVD (Digital Versatile Disk - ψηφιακοί ευέλικτοι δίσκοι)** χρησιμοποιούν την ίδια αρχή λειτουργίας με τους δίσκους CD-ROM, αλλά η τεχνολογία τους είναι βελτιωμένη κυρίως όσον αφορά στην πυκνότητα εγγραφής.

Συγκεκριμένα, η απόσταση των γειτονικών ιχνών του σπειροειδούς ίχνους είναι 0,74 μικρά, γεγονός που οδηγεί σε μια πυκνότητα ιχνών των 1.351 στροφών ανά χιλιοστό και συνολικό μήκος του ίχνους 11,8 km!

Χρησιμοποιώντας μία επιφάνεια και ένα στρώμα, ένας δίσκος DVD εμφανίζει χωρητικότητα 4,7GB, με αποτέλεσμα με χρήση συμπίεσης MPEG να μπορεί να αποθηκεύσει 133 λεπτά κινηματογραφικής ταινίας (video).

Χρησιμοποιώντας μια επιφάνεια και δεύτερο στρώμα η χωρητικότητα μπορεί να φτάσει τα 8,5GBs. Με χρήση δύο όψεων των δύο στρωμάτων η χωρητικότητα φτάνει μέχρι τα 17,1GBs.

Σε φυσικό επίπεδο, οι δίσκοι DVD, οργανώνονται σε τομείς των 2048 bytes, με 12 επιπλέον bytes ως επικεφαλίδα και 4 bytes, για κωδικούς ανίχνευσης λαθών. Για την εγγραφή των bytes δεδομένων στην επιφάνεια του δίσκου χρησιμοποιείται κωδικοποίηση 8 σε 16, η οποία αποτελεί βελτίωση της EFM που χρησιμοποιείται στα CD και λέγεται *EFMPlus*.

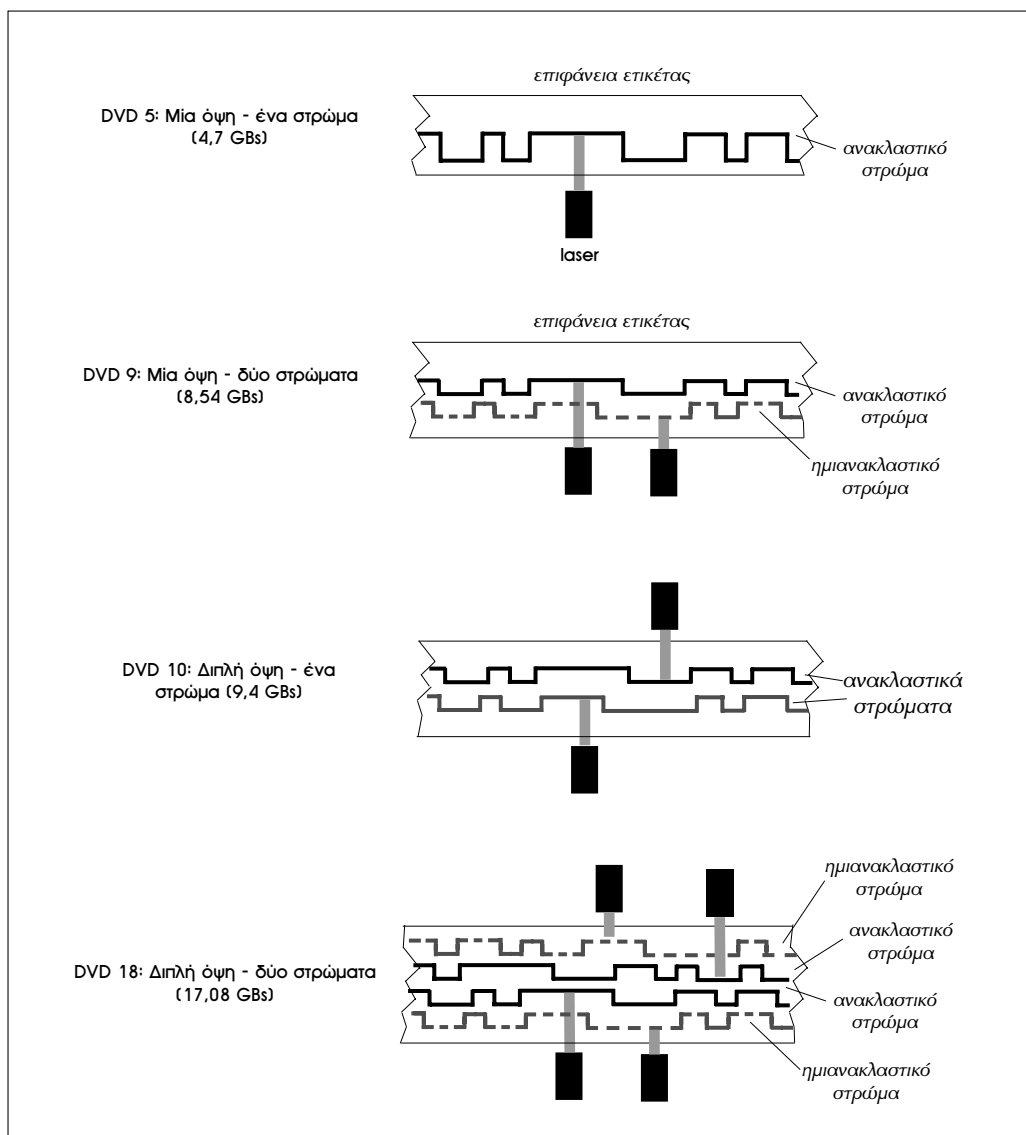
Σε υψηλότερο επίπεδο, χρησιμοποιείται το σύστημα αρχείων *UDF*.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι DVDs, όπως:

DVD-Video. Πρόκειται για τον πλέον διαδεδομένο τύπο DVD. Χρησιμοποιείται για την διανομή ταινιών, σε τυπική τηλεοπτική ποιότητα, υψηλή ποιότητα ήχου, υπότιτλους, διαδραστικές δυνατότητες όπως μενού, διάφορα φορμά εμφάνισης κ.α.

DVD-ROM. Τύπος DVD για αποθήκευση δεδομένων, με σκοπό την αντικατάσταση του CD-ROM.

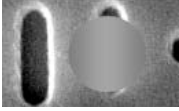
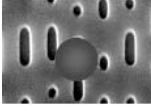
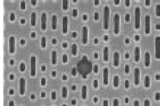
DVD-R, DVD-RAM και **DVD-RW.** Τύποι DVD, οι οποίοι είναι εγγράψιμοι και χρησιμοποιούνται ευρέως για δημιουργία εφεδρικών αντιγράφων, δημιουργία DVD που μπο-



Σχήμα 4.28 Τρόποι εγγραφής σε DVD. Ανάλογα με τον τρόπο εγγραφής στα DVD, επιτυγχάνονται διαφορετικές χωρητικότητες.

ρούν να παιχθούν σε συσκευές αναπαραγωγής DVD, μέσω εγγραφής για ψηφιακές κάμερες κ.α.

DVD-Audio. Προορίζεται για μέσο αποθήκευσης πολυκαναλικού ήχου πολύ υψηλής ποιότητας. Αναπαράγεται από ειδικές συσκευές και προς το παρόν δεν έχει γνωρίσει τη διάδοση των CD ήχου.

Χαρακτηριστικό	CD	DVD	Blu ray
Βασική χρήση	Ήχος	SD Βίντεο	HD Βίντεο
Χωρητικότητα	0,7GB	4,7/8,5/9,4/17,1GB	27/50 GB
Ταχύτητα	1x: 1,2Mb/s	1x: 11Mb/s	1x: 36Mb/s
λ laser	780 nm	650 nm	405 nm
Επιφάνεια			

Πίνακας 4.1 Σύγκριση βασικών στοιχείων οπτικών μέσων.

Στους υπολογιστές οι μονάδες DVD είναι συμβατές προς τα πίσω, με αποτέλεσμα, όλοι οι οδηγοί DVD να διαβάζουν CD-ROMs.

Επίσης, όπως και στην περίπτωση των CD-ROM, εκδίδονται τυποποιήσεις, κυρίως από το *DVD Forum*, οι οποίες καθορίζουν προδιαγραφές μορφών, χωρητικότητες κ.λπ. (DVD-5, DVD-9, κ.λπ - σχ. 4.28).

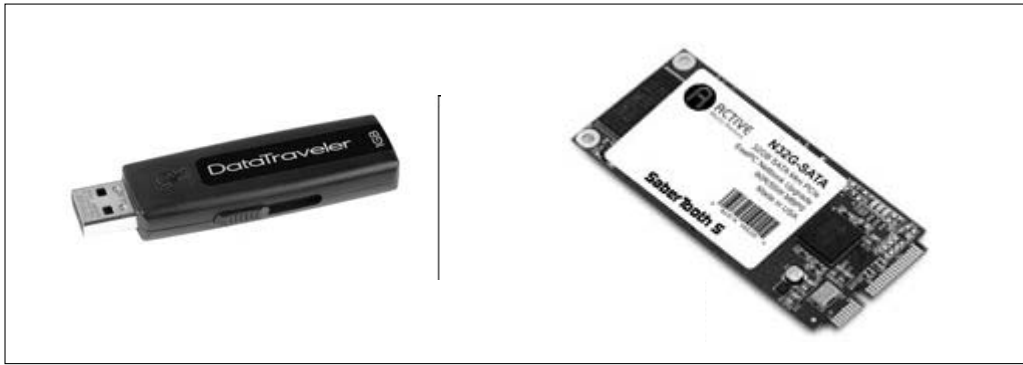
4.6.7 Blu ray

Η τελευταία εξέλιξη τους οπτικούς δίσκους, είναι οι δίσκοι **Blu-ray** ή **BD** (*Blu-ray Disk*). Όπως και τα CD/DVD, ο δίσκος έχει διάμετρο 12cm, αλλά μπορεί να αποθηκεύσει 25 GB ανά στρώμα, άρα και ένα μέγιστο 50GB για δίσκους διπλού στρώματος.

4.7 Μνήμες flash

Αν και κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες τεχνολογίες με σκοπό την αντικατάσταση των δίσκων, η πρώτη τεχνολογία που δείχνει πολλά υποσχόμενη στο πεδίο αυτό είναι οι μνήμες flash.

Οι μνήμες flash, χρησιμοποιούν τεχνολογία στερεάς κατάστασης (*solid state*) και είναι στην ουσία ένας τύπος EEPROM (*Electrically Erasable PROM*). Ένας τύπος μνήμης flash είναι γνωστός ως *NOR flash*, λόγω της ομοιότητάς του βασικού κελιού αποθήκευσης με τη πύλη NOR (βλ. Π1). Πιο πρόσφατα, εμφανίστηκαν οι *NAND flash*, οι οποίες προσφέρουν μεγαλύτερη πυκνότητα αποθήκευσης και είναι φθηνότερες ανά GB.



Σχήμα 4.29 Μνήμες flash. (α) USB (β) SATA.

Συγκρινόμενες με τους δίσκους, γενικά, είναι κατά 100-1.000 ταχύτερες, μικρότερες σε όγκο, λιγότερο ενεργοβόρες και ανθεκτικότερες στις δονήσεις. Κοστίζουν όμως 2-40 φορές περισσότερο από τους δίσκους, αλλά 5-10 φορές λιγότερο από τις μνήμες DRAM με τάση βελτίωσης.

Κυκλοφορούν στην αγορά σε διάφορες μορφές. Εξαιρετικά διαδεδομένη μορφή, είναι οι μικροσυσκευές μνήμης που προσαρμόζονται στη θύρα USB του υπολογιστή (φλασάκια -σχ. 4.29). Εμφανίζοντας χωρητικότητες από 2 - 64GB και ελάχιστο μέγεθος τείνουν να εκτοπίσουν πλήρως τουλάχιστον τις δισκέτες, αλλά και μερικά οπτικά μέσα εκτός της χρήσης των τελευταίων για αρχειοθέτηση. Τελευταία, έχουν εμφανιστεί και μονάδες flash σε τυποποιημένες μορφές δίσκων οι οποίες μάλιστα εντάσσονται στο σύστημα μέσω διεπαφών δίσκων όπως είναι η SATA (σχ. 4.29).

Η μνήμες τύπου flash αποκτούν όλο και μεγαλύτερη διάδοση, ιδιαίτερα σε φορητές συσκευές, επειδή όσο περνά ο καιρός, οι διάφορες μορφές στις οποίες κυκλοφορεί, συμπιέζουν όλο και μεγαλύτερες χωρητικότητες σε πολύ μικρό χώρο, με σχετικά μικρή κατανάλωση.

4.8 Περί Χωρητικότητας

Η χωρητικότητα των σύγχρονων μονάδων δίσκων μετράται σε GBs και υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\text{Χωρητικότητα} = (\# \text{bytes/τομέα}) \times (\# \text{μέσο} \# \text{τομέων/ίχνος}) \times (\text{ίχνη/επιφάνεια}) \times (\# \text{επιφανειών/δίσκο}) \times (\# \text{δίσκων της μονάδας})$$

Οι σημερινοί σκληροί δίσκοι εμφανίζουν χωρητικότητες από 80GB έως 2TB. Τι φυσικό ανάλογο έχει όμως μια τέτοια χωρητικότητα; Ως μέτρο ας θεωρηθούν τα ακόλουθα:

- Καθαρό **κείμενο** έκτασης ενός βιβλίου σε κωδικοποίηση ASCII των 8 bit καταλαμβάνει περίπου 1 - 2MB.
- **Ήχος** ποιότητας CD ασυμπίεστος που αντιστοιχεί σε ένα συνηθισμένο μουσικό κομμάτι καταλαμβάνει 30 - 40 MB.
- Μια **ακίνητη εικόνα** διαστάσεων 1944 x 2592 (5 MPixel) σε μορφή TIFF καταλαμβάνει περίπου 15 MB.
- Δέκα (10) λεπτά συμπιεσμένης κατά MPEG4 **κινούμενης εικόνας** καταλαμβάνει περίπου 100 MB.

Ο προσεκτικός αναγνώστης θα παρατήρησε ότι σε κάθε από τις παραπάνω φυσικές αντιστοιχίες γίνεται αναφορά και σε μορφή αποθήκευσης (*κωδικοποίηση ASCII, ασυμπίεστος ήχος, μορφή TIFF, συμπίεση κατά MPEG4*).

Πράγματι, αν ένα κείμενο αποθηκευτεί σε κωδικοποίηση ASCII και καταλάβει χώρο 1-MB, το ίδιο κείμενο αποθηκευόμενο με κωδικοποίηση Unicode θα καταλάβει διπλάσιο χώρο επειδή κατά την κωδικοποίηση αυτή αφιερώνονται 16bits (*δύο bytes*) για κάθε χαρακτήρα. Επίσης αν το ίδιο κείμενο σαρωθεί και αποθηκευτεί σε μορφή αρχείου εικόνας θα καταλάβει ακόμα περισσότερο χώρο. Όμοια, αν ο ασυμπίεστος ήχος που καταλαμβάνει 30-40MB, συμπιεστεί κατά mp3, το αρχείο που θα προκύψει μπορεί να έχει μέγεθος 3-4MB. Η ακίνητη εικόνα που αναφέρθηκε παραπάνω (μορφή TIFF), αν αποθηκευτεί σε μορφή JPEG, θα καταλαμβάνει από 2 έως 15 MB, ανάλογα με την επιλεγείσα ποιότητα κ.ο.κ.

2^{10} ή 10^3

Είναι ήδη γνωστό ότι, η βασική μονάδα μέτρησης χωρητικότητας είναι το byte των 8 bits. Θα πρέπει να έχει κανείς υπόψη του ότι υφίσταται σήμερα μία πηγή σύγχυσης όσον αφορά στη μέτρηση χωρητικότητας στις διάφορες μονάδες όταν αυτή εκφράζεται σε πολλαπλάσια. Η πηγή αυτή σύγχυσης έχει τη βάση της στο γεγονός ότι αφ' ενός τα "φυσικά" πολλαπλάσια που χρησιμοποιούνται στις συνιστώσες των υπολογιστών είναι δυνάμεις του 2 και όχι του 10 και αφ' εταίρου στην παραπλήσια αξία που εκφράζει το $2^{10} = 1.024$ με το $10^3 = 1.000$.

Για παράδειγμα, όταν μιλά κανείς για χωρητικότητα κεντρικής μνήμης εννοεί δυαδικά πολλαπλάσια, λόγω της φυσικής δομής της η οποία οδηγεί σε μεγέθη δυνάμεις του 2. Από την άλλη πλευρά, οι κατασκευαστές σκληρών δίσκων χρησιμοποιούν δεκαδικά πολλαπλάσια με αποτέλεσμα ένας σκληρός δίσκος των 30GBs να αποθηκεύει στην ουσία 30×10^9 bytes, που ισοδυναμεί περίπου με 28×2^{30} (ή 28 GiB βλ. παρακάτω). Αυτό

έχει νόημα επειδή η φυσική δομή του δίσκου (τομείς, ίχνη, δίσκοι) δεν παραπέμπει σε δυνάμεις του 2. Εν τούτοις τα λειτουργικά συστήματα συχνά αναφέρουν το χώρο του δίσκου σε δυαδική έκδοση. Η σύγχυση επιτείνεται ακόμα περισσότερο αφού τα CD-ROM ακολουθούν δυαδικά πολλαπλάσια, ενώ τα DVD δεκαδικά.

Για την επίλυση του προβλήματος έχει προταθεί (IEC 60027-2) το ακόλουθο σχήμα δυαδικών πολλαπλασίων:

Δυαδικά πολλαπλάσια

Πρόθ.	Όνομα	Δύναμη
Ki	kibi	2^{10} (1.024)
Mi	mebi	2^{20} (1.048.576)
Gi	gibi	2^{30} (1.073.741.824)
Ti	tebi	2^{40} (1.099.511.627.776)

Δεκαδικά πολλαπλάσια

Πρόθ.	Όνομα	Δύναμη
K	Kilo	10^3 (1.000)
M	Mega	10^6 (1.000.000)
G	Giga	10^9 (1.000.000.000)
T	Tera	10^{12} (1.000.000.000.000)

Η προτεινόμενη λύση δεν έχει ακόμα (2010) τύχει ευρείας αποδοχής.

Ας σημειωθεί ότι η διαφορά KB και KiB είναι 2,4%, μεταξύ MB και MiB 5% και μεταξύ GB και GiB 7,5% δηλ. αρκετά σημαντική.

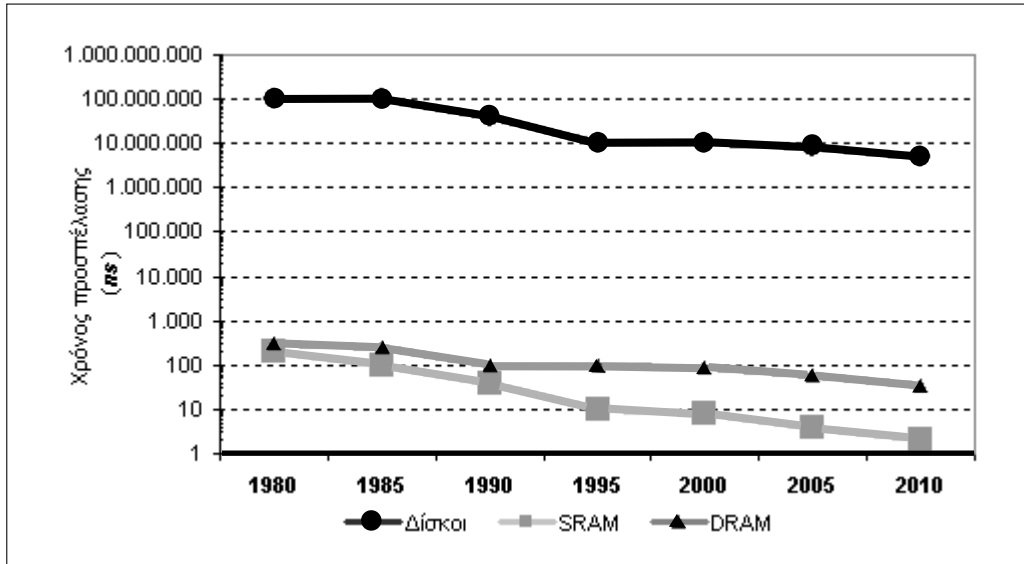
Τέλος, στο χώρο των υπολογιστών μεγέθη όπως ταχύτητες (ρυθμοί) ρολογιών και ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων εκφράζονται σε δεκαδικά πολλαπλάσια π.χ. επεξεργαστής 2GHz σημαίνει 2×10^9 κύκλοι ανά δευτερόλεπτο, 1Mbps (1Mbit/s) σημαίνει ρυθμό μεταφοράς 1.000.000 bits το δευτερόλεπτο κ.ο.κ.

4.9 Χρήσιμα Στοιχεία για τις Μνήμες

Κλείνοντας το κεφάλαιο των περιφερειακών μνημών θα παρατεθούν ορισμένα χρήσιμα στοιχεία που αφορούν στις περιφερειακές μνήμες αλλά και τις μνήμες γενικότερα.

4.9.1 Εξέλιξη ψηφιακών μνημών

Ακολουθώντας τη γενικότερη τάση των διαφόρων μονάδων που συνιστούν τους σύγχρονους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι ψηφιακές μνήμες γίνονται όλο και ταχύτερες με πτώση μάλιστα τους κόστους τους ανά αποθηκευόμενο MB. Η τάση αυτή απεικονίζεται χονδρικά στο διάγραμμα του σχήματος 4.30. Στο ίδιο διάγραμμα γίνεται φανερό επίσης και το χάσμα μεταξύ κύριων μνημών και δίσκων.



Σχήμα 4.30 Εξέλιξη βασικών τύπων μνημών. Εξέλιξη της ταχύτητας στους βασικούς τύπους μνήμης. Παρατηρήστε επίσης το χάσμα μεταξύ κεντρικών και περιφερειακών μνημών το οποίο δείχνει αντοχή στο χρόνο.

4.9.2 Προσδοκώμενος χρόνος ζωής μέσω ψηφιακής αποθήκευσης

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, με ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης και χειρισμού ενδεικτικοί προσδοκώμενοι χρόνοι ζωής για τα μέσα περιφερειακής αποθήκευσης έχουν ως εξής:

- **Μαγνητικές ταινίες:** 10 - 20 έτη
- **Συμβατικοί σκληροί Δίσκοι:** 5-10 έτη
- **Δισκέτες:** 1-5 έτη
- **CD-ROM:** 5-25 έτη
- μονάδες **DVD** έως και 100 έτη λόγω του καλύτερης ποιότητας επιχρίσματος.
- **Μονάδες στερεάς κατάστασης** όπως μνήμες flash: 50 έτη

Τα παραπάνω αποτελούν ενδεικτικές τιμές και είναι συνάρτηση και παραγόντων όπως η ποιότητα που παρέχει ο κατασκευαστής, η ποιότητα της μονάδας που χρησιμοποιήθηκε για την εγγραφή, το πλήθος των προσπελάσεων (ιδιαίτερα για μέσα που έρχο-

	Μεγάλη ταχύτητα	Μικρή χωρητικότητα			Υψηλό κόστος
Επίπεδο	Χρόνος προπέλασης	Τυπική χωρητικότητα	Τεχνολογία	Διαχείριση από	Κόστος
Καταχωρητές	1-3ns	< 1K	CMOS	Μεταγωγτιστή	
Κρυφή μνήμη L1	2-8ns	64K	SRAM	Υλικό	χιλιάδες Ευρώ / GB
Κρυφή μνήμη L2	5-12ns	256K	SRAM	Υλικό	χιλιάδες Ευρώ / GB
Κύρια μνήμη	10-60ns	8 - 16G	DRAM	Λ.Σ.	20-50 Ευρώ /GB
Δίσκος	5.000.000-20.000.000ns	1T	Μαγνητική	Λ.Σ.	0,1-0,5Ευρώ / GB
Ταινίες	1-100sec	800G	Μαγνητική	Λ.Σ.	0,0015Ευρώ / GB
web	>1s	πρακτικά απεριορίστη			
	Μικρή ταχύτητα	Μεγάλη χωρητικότητα			Χαμηλό κόστος

Πίνακας 4.2 *Ιεραρχία μνημών.* Οι μνήμες σε ένα σύστημα υπολογιστή, μπορούν να καταταχθούν σε μια ιεραρχική δομή κατά βάση με την ταχύτητα προπέλασης.

νται σε επαφή με το μηχανισμό εγγραφής), τη φροντίδα κατά τους χειρισμούς, τις συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, υγρασία, καθαριότητα, ηλεκτρομαγνητικά πεδία).

Κατά συνέπεια θα πρέπει κανείς να συμβουλευτεί τις προδιαγραφές του κατασκευαστή και να εξασφαλίζει εφεδρικά αντίγραφα με διάφορους τρόπους. Ειδικά για την περίπτωση των δίσκων συστημάτων παραγωγής, τα δεδομένα που βρίσκονται επί αυτών ίσως να είναι άνευ αξίας αν δεν υπάρχει ένα ικανοποιητικό σύστημα εξασφάλισης εφεδρικών αντιγράφων.

Ας σημειωθεί τέλος για σύγκριση ότι, το χαρτί εφημερίδας έχει προσδοκώμενο χρόνο ζωής 10-20 έτη, το μικροφίλμ 10-500 έτη, οι φωτογραφικές διαφάνειες (slides) 100 έτη, το καλής ποιότητας επιχρισμένο χαρτί αρχειοθέτησης 100-500 έτη, ενώ οι πέτρινες επιγραφές των αρχαίων 2.500 έτη και περισσότερο!

4.9.3 Ιεραρχική κατάταξη

Οι διάφοροι τύποι μνήμης γενικά μπορούν να καταταγούν ανάλογα με την ταχύτητα προπέλασης τη χωρητικότητά και το κόστος τους. Γενικά, οι διάφοροι τύποι κύριας μνήμης παρουσιάζουν μεγάλη ταχύτητα, είναι ακριβές, περιορισμένης χωρητικότητας

και η αποθήκευση σε αυτές είναι προσωρινή (τα περιεχόμενα χάνονται με τη διακοπή της τροφοδοσίας τους). Αντίθετα, οι περιφερειακές μνήμες είναι φθηνότερες, πολύ μεγαλύτερης χωρητικότητας και μικρού κόστους, ενώ ο χρόνος προσπέλασης σε αυτές είναι σημαντικά μεγαλύτερος.

Μπορεί να δει κανείς τη συνολική μνήμη του υπολογιστή ως μια ιεραρχική δομή πολλών επιπέδων μνήμης. Στη δομή αυτή, η ποσότητα και οι χρόνοι προσπέλασης αυξάνονται ανάλογα με την αύξηση της “απόστασής τους” από τον επεξεργαστή. Ο χρήστης στους σύγχρονους υπολογιστές, τείνει να έχει την ψευδαίσθηση ότι έχει στη διάθεσή του μνήμη του μεγέθους της μεγαλύτερης μνήμης στην ιεραρχία, με ταχύτητα προσπέλασης σαν αυτή να ήταν φτιαγμένη από την ταχύτερη στην ιεραρχία.

Τα παραπάνω παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 4.2, ενώ στο σχήμα 4.30 παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ των διαφόρων τύπων μνημών.

Όροι - Κλειδιά Κεφαλαίου 4

Ίχνος 152	Σύστημα αρχείων 162
Κύλινδρος 152	FAT, FAT32, NTFS, ext2,3,4, ISO 9660 162
Τομείς 152	Μορφοποίηση υψηλού επιπέδου 93
Ελεγκτήρας 154	RAID0,1,2 164,165
Κελιά μετάβασης 155	SAN 166
Χρόνος αναζήτησης (σκληρός δίσκος) 156	Εύκαμπτοι δίσκοι 168
Καθυστέρηση (σκληρός δίσκος) 156	Ταινίες 169
Χρόνος μεταφοράς (σκληρός δίσκος) 157	DAT, DLT, LTO 169,170
SATA 158	Ακολουθιακό μέσο 171
SAS 158	Οπτικοί δίσκοι 171
Επιφανειακή πυκνότητα 159	CD 171
DMA 160	DVD 177
Μορφοποίηση 161	Blu ray 179
Διαμερίσεις 161	Μνήμες flash 179
Κύρια εγγραφή εκκίνησης 161	Ιεραρχική κατάταξη μνημών 184
MBR 161	

Ασκήσεις Κεφαλαίου 4

1. Ποια μέσα αποθήκευσης καλούνται περιφερειακές μνήμες; Τί είδους ανάγκες εξυπηρετούν; Με ποια κριτήρια χωρίζονται σε μονάδες σταθερού και αποσπώμενου μέσου;
2. Τί καλείται ίχνος και τί κύλινδρος, όταν αναφερόμαστε στη φυσική δομή του σκληρού δίσκου;

3. Ποια η σχέση των αναστροφών ροής και των αποθηκευμένων bits; Κατά την προσπέλαση δεδομένων στο δίσκο, ποιο τμήμα του απαιτούμενου χρόνου καλείται χρόνος αναζήτησης; Για έναν δίσκο 5400 στροφών ή για έναν δίσκο 15.000 στροφών είναι μεγαλύτερος;
4. Για ποιο λόγο χρησιμοποιείται η άμεση προσπέλαση μνήμης (DMA); Για την επίτευξη μεγαλύτερου ρυθμού μετάδοσης ή για εξοικονόμηση κύκλων ΚΜΕ;
5. Μπορούμε σε ένα σκληρό δίσκο να φτιάξουμε έξι διαμερίσεις (partitions); Έστω ότι έχουμε ένα σκληρό δίσκο, στον οποίο έχουμε δύο partitions. Το λειτουργικό σύστημα θα αντιμετωπίζει τις διαμερίσεις αυτές ως δύο δίσκους;
6. Για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται οι συστοιχίες δίσκων (RAIDs); Έστω υπολογιστικό σύστημα στο οποίο έχουμε δύο (2) σκληρούς δίσκους. Στην περίπτωση που θέλουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αξιοπιστία, ποιόν τύπο συστοιχίας πρέπει να επιλέξουμε: RAID-0 ή RAID-1; Μπορούμε, στη συγκεκριμένη περίπτωση, να χρησιμοποιήσουμε RAID-5;
7. Σε αποθηκευτικό χώρο τύπου SAN, μπορούν να συνδεθούν περισσότερα του ενός συστήματα υπολογιστών;
8. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αποθηκευτικές μονάδες αποσπώμενου μέσου; Σε ποιες από τις παρακάτω μονάδες, η προσπέλαση των δεδομένων γίνεται ακολουθιακά: δίσκοι DVD, ταινίες LTO, δισκέτες, μνήμες flash;
9. Πώς υπολογίζεται το GB όταν αναφερόμαστε σε μνήμη και πώς υπολογίζεται όταν αναφερόμαστε σε σκληρό δίσκο; Υπάρχει διαφορά; Σε ποιες αριθμητικές παραστάσεις αντιστοιχούν;
10. Έστω ότι θέλουμε να αποθηκεύσουμε δεδομένα μεγέθους 10 GB για είκοσι χρόνια. Πιστεύετε ότι ένας σκληρός δίσκος ικανοποιεί την απαίτηση για ασφαλή αποθήκευση για το εν λόγω διάστημα;
11. Το κόστος αποθήκευσης ανά GB αυξάνει ανάλογα με τη δυνατότητα γρήγορης προσπέλασης ή αντιστρόφως ανάλογα;

Επιλογή από ενδιαφέρουσες αναφορές

Abdullah Al Mamun, GuoXiao Guo, Chao Bi. *Hard Disk Drive: Mechatronics and Control*, CRC Press, USA, 2006.

Paul Crowley, *CD and DVD Forensics*, Syngress, 2007.