

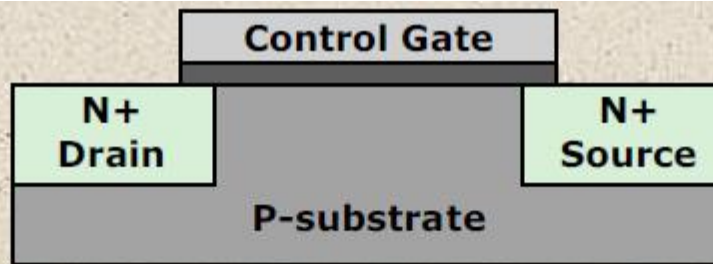
Οργάνωση & Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Κεφάλαιο 5.4

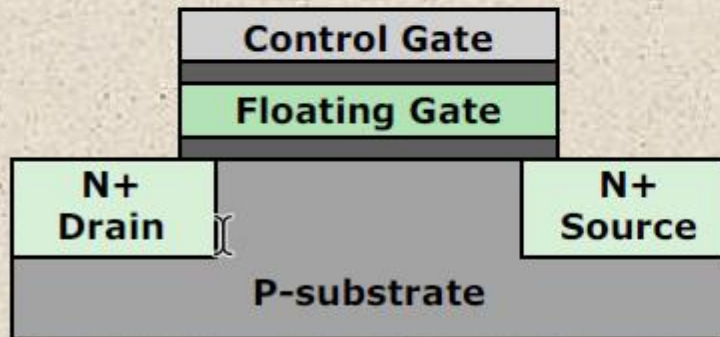
Μνήμη Flash

- Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές εσωτερικής όσο και εξωτερικής μνήμης.
- Η μνήμη flash εισήχθη στα μέσα των '80 και είναι μια ενδιάμεση μορφή EPROM και EEPROM όσον αφορά το κόστος και τη λειτουργικότητα.
- Χρησιμοποιεί τεχνολογία ηλεκτρικής διαγραφής. Μπορεί να διαγραφεί σε 1 ή λίγα δευτερόλεπτα, χρόνος πολύ ταχύτερος σε σχέση με EPROM. Είναι δυνατόν να διαγράψουμε απλώς τμήματα της μνήμης παρά ολόκληρο το chip. Το όνομα δόθηκε από το γεγονός ότι το chip είναι οργανωμένο με τέτοιο τρόπο ώστε ένα τμήμα κελιών μνήμης να μπορούν να διαγραφούν με μια απλή ενέργεια ή flash. Δεν περιέχει διαγραφή σε επίπεδο byte. Χρησιμοποιεί όπως η EPROM ένα μόνο τρανζίστορ ανά bit και έτσι πετυχαίνει υψηλή πυκνότητα.

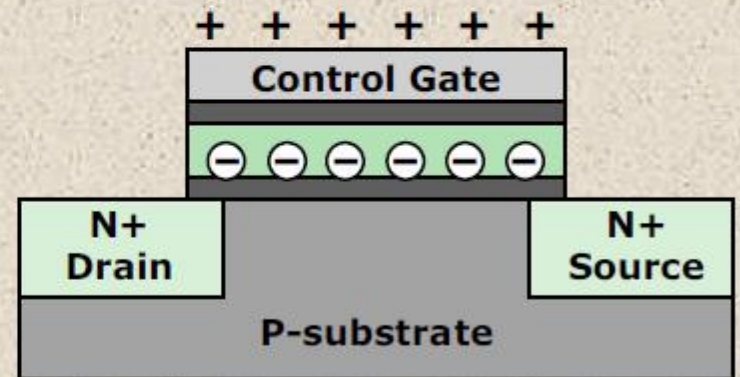
Μνήμη Flash



(a) Transistor structure



(b) Flash memory cell in one state



(c) Flash memory cell in zero state

Μνήμη Flash

- Τα τρανζίστορ εκμεταλλεύονται τις ιδιότητες των ημιαγωγών έτσι ώστε να είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί μια μικρή τάση που εφαρμόζεται στην πύλη για να ελεγχθεί η ροή υψηλού ρεύματος ανάμεσα στην πηγή και τον αγωγό.
- Μια δεύτερη πύλη που ονομάζεται επιπλέουσα επειδή απομονώνεται από ένα λεπτό στρώμα οξειδίου, προστίθεται στο τρανζίστορ. Αρχικά δεν εμπλέκεται με τη λειτουργία του τρανζίστορ. Σε αυτή την κατάσταση το κελί αναπαριστά το λογικό 1.
- Εφαρμόζοντας υψηλή τάση στο επίπεδο οξειδίου προκαλεί την κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα από αυτό και την παγίδευσή τους στην επιπλέουσα όπου παραμένουν ακόμη και αν διακοπεί η ισχύς. Σε αυτή την κατάσταση το κελί αναπαριστά το λογικό 0.

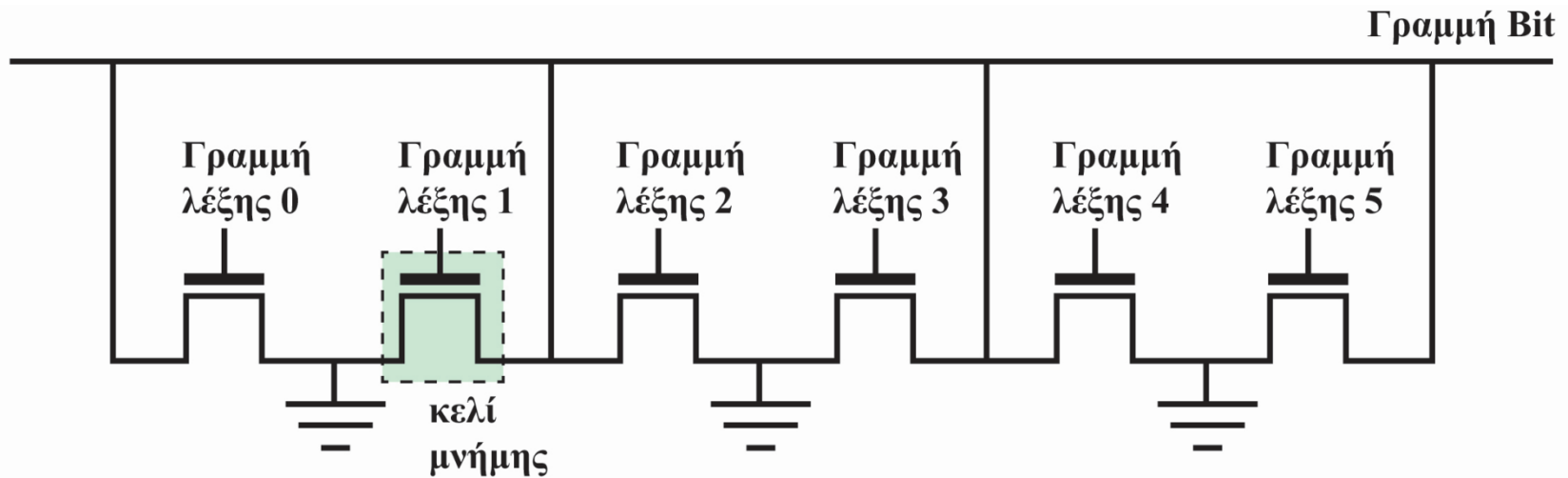
Μνήμη Flash

- Η κατάσταση του κελιού μπορεί να διαβαστεί χρησιμοποιώντας εξωτερικό κύκλωμα για να ελέγχει αν λειτουργεί ή όχι το τρανζίστορ.
- Εφαρμόζοντας μια υψηλή τάση στην αντίθετη κατεύθυνση τα ηλεκτρόνια αφαιρούνται από την επιπλέουσα πύλη επιστρέφοντας στην κατάσταση του 1.
- Είναι σταθερή μνήμη, που σημαίνει ότι διατηρεί τα δεδομένα όταν η μνήμη δεν τροφοδοτείται με ρεύμα.
- Χρησιμοποιείται για δευτερεύουσα εξωτερική μνήμη και ως εναλλακτική λύση ως μνήμη τυχαίας προσπέλασης.

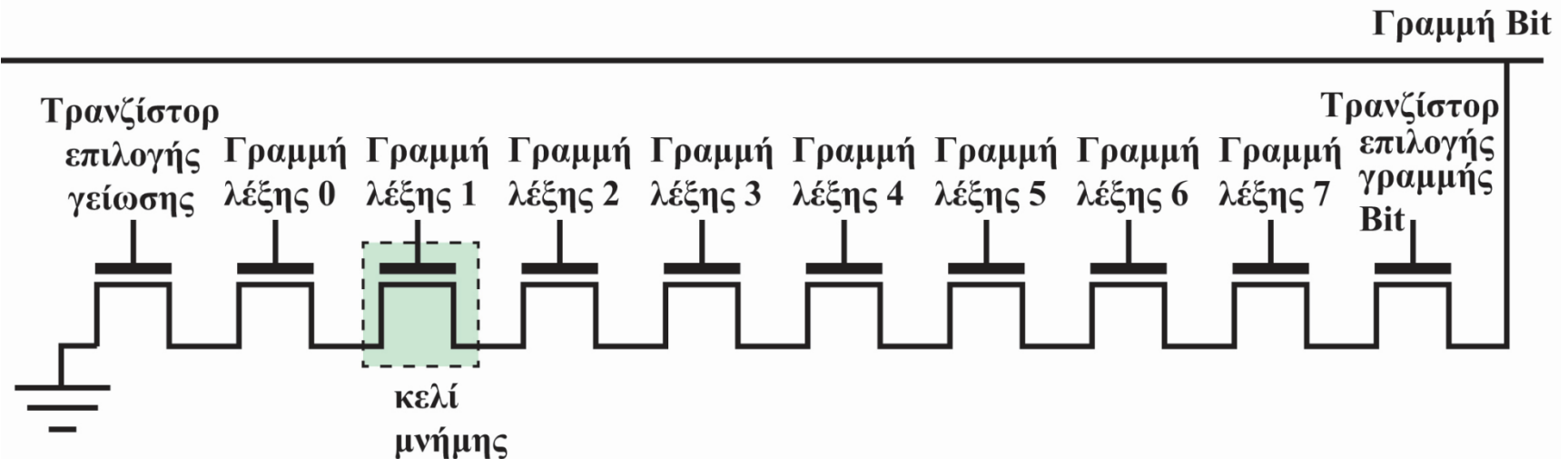
Μνήμη Flash με πύλες NAND και NOR

- Υπάρχουν δύο διαφορετικές μορφές μνήμης flash σχεδιασμένες με πύλες NAND και NOR.
- Στις flash με πύλες NOR η βασική μονάδα προσπέλασης είναι το **bit** και αναφέρεται ως κύτταρο bit. Τα κύτταρα της flash με πύλες NOR συνδέονται παράλληλα με τις γραμμές bit έτσι ώστε κάθε κελί να μπορεί να διαβάζεται/γράφεται/διαγράφεται ξεχωριστά. Αν κάποιο κελί μνήμης της συσκευής ενεργοποιηθεί από την αντίστοιχη γραμμή λέξης, η γραμμή bit θα έχει τιμή low (χαμηλή). Η λειτουργία είναι ίδια με τη λειτουργία της λογικής πύλης NOR.
- Η μνήμη flash με πύλες NAND είναι οργανωμένη σε διατάξεις με 16 ή 32 τρανζίστορ σε σειρά. Η γραμμή bit λαμβάνει τιμή low (χαμηλή) μόνο αν όλα τα τρανζίστορ των αντίστοιχων γραμμών λέξης είναι ενεργοποιημένα.

Μνήμη Flash με πύλες NAND και NOR



(α) Δομή μνήμης flash με πύλες NOR

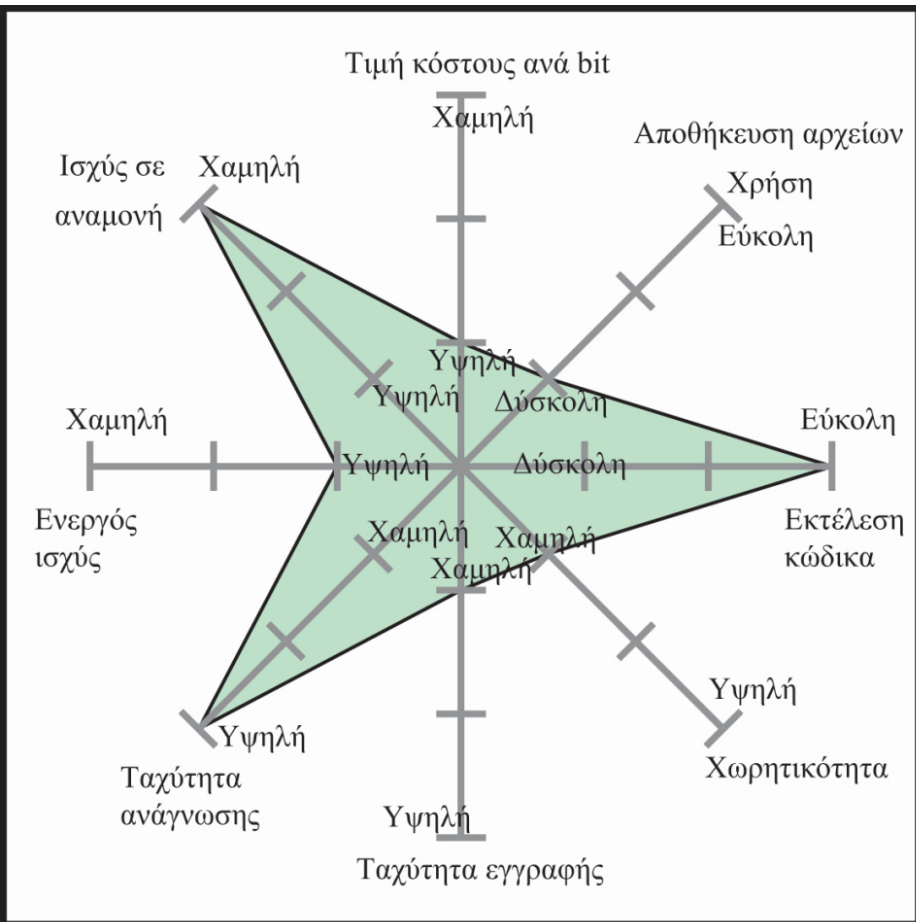


(β) Δομή μνήμης flash με πύλες NAND

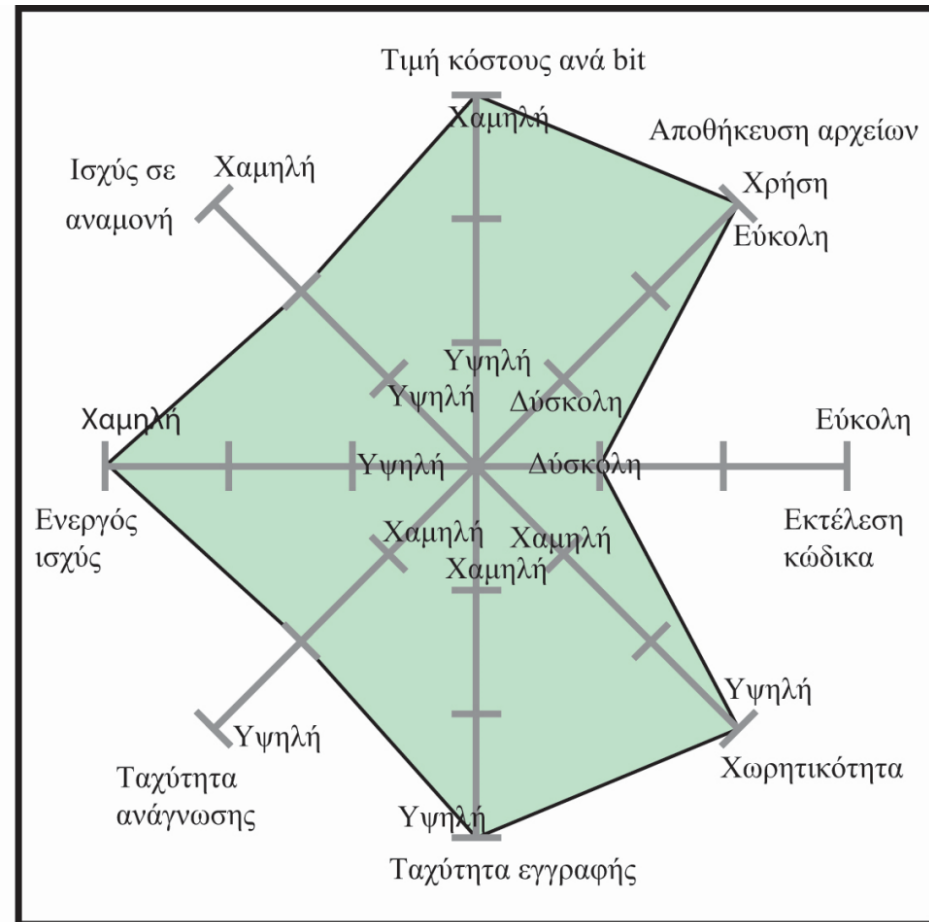
Μνήμη Flash με πύλες NAND και NOR

- Η μνήμη flash παρέχει τυχαία προσπέλαση υψηλής ταχύτητας. Μπορεί να διαβάσει/γράψει δεδομένα σε συγκεκριμένες θέσεις και μπορεί να αναφερθεί σε ένα byte και να το ανακτήσει. Η υλοποίηση με πύλες NAND διαβάζει και γράφει σε μικρά τμήματα. Η υλοποίηση αυτή παρέχει υψηλότερη πυκνότητα και μεγαλύτερη ταχύτητα εγγραφής.
- Δεν παρέχει εξωτερικό δίαυλο διευθύνσεων τυχαίας προσπέλασης, οπότε τα δεδομένα πρέπει να διαβάζονται κατά τμήμα (προσπέλαση σελίδων) όπου κάθε τμήμα περιέχει από εκατοντάδες μέχρι χιλιάδες bits.

Μνήμη Flash με πύλες NAND και NOR



(α) NOR



(β) NAND

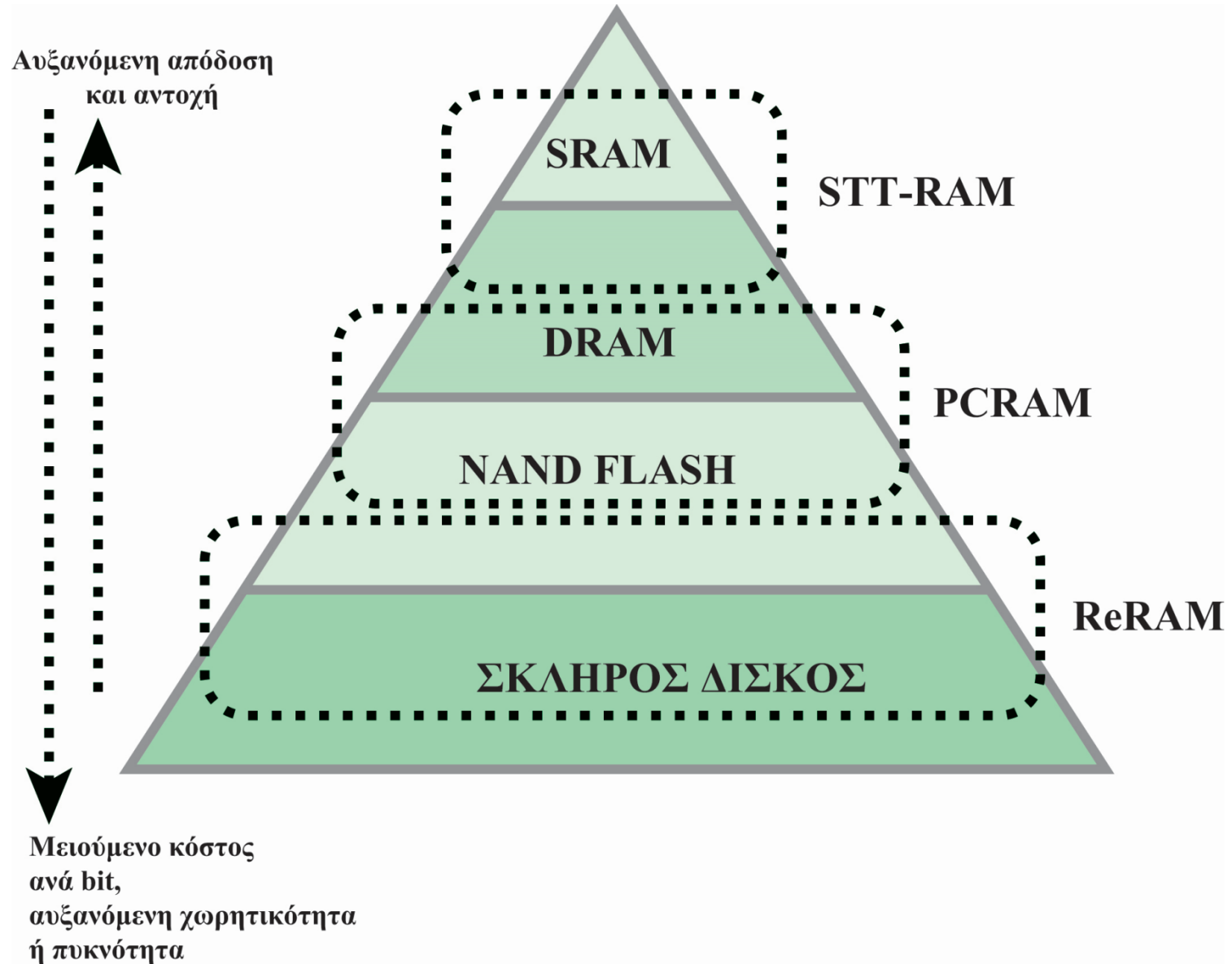
Μνήμη Flash με πύλες NAND και NOR

- Η flash με NOR προτιμάται παραδοσιακά. Είναι κυρίαρχη στην υλοποίηση της εσωτερικής μνήμης. Ιδιαίτερα καλή για μικροελεγκτές όπου η ποσότητα του κώδικα είναι σχετικά μικρή.
- Η τεχνολογία με πύλες NAND είναι καταλληλότερη για την υλοποίηση εξωτερικής μνήμης όπως είναι οι οδηγοί συσκευών flash USB, οι κάρτες μνήμης και των δίσκων στερεάς κατάστασης (solid-state disks SSDs)

Οργάνωση & Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Κεφάλαιο 5.5

Νεότερες μη πτητικές τεχνολογίες μνημών σταθερής κατάστασης



Νεότερες μη πτητικές τεχνολογίες μνημών σταθερής κατάστασης

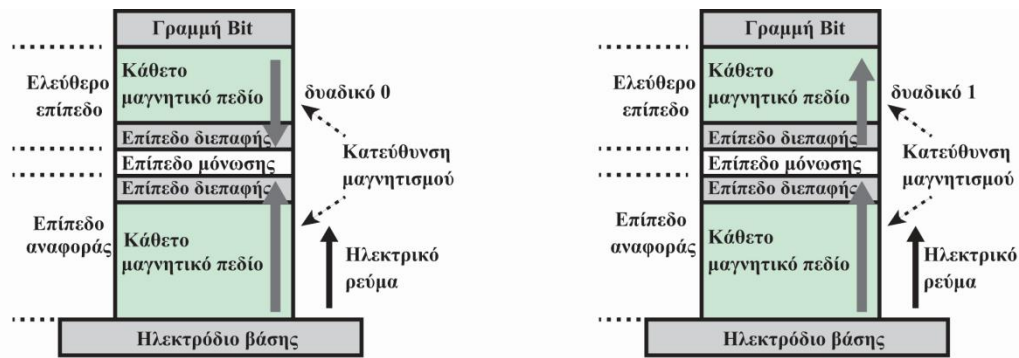
- Στατική RAM (SRAM): παρέχει μεγάλη ταχύτητα προσπέλασης, αλλά είναι η πιο ακριβή και έχει τη μικρότερη πυκνότητα. Είναι κατάλληλη για την υλοποίηση της κρυφής μνήμης.
- Δυναμική RAM (DRAM): Είναι φθηνή, έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, αλλά είναι πιο αργή από την SRAM. Παραδοσιακά ήταν η επιλογή για την υλοποίηση της κύριας μνήμης.
- Σκληρός δίσκος: Ένας μαγνητικός δίσκος που δίνει πολύ μεγάλη πυκνότητα bit και πολύ μικρό κόστος ανά bit με σχετικά μικρούς χρόνους προσπέλασης. Είναι η κλασσική επιλογή για εξωτερική αποθήκευση ως τμήμα της ιεραρχίας της μνήμης.

Νεότερες μη πτητικές τεχνολογίες μνημών σταθερής κατάστασης

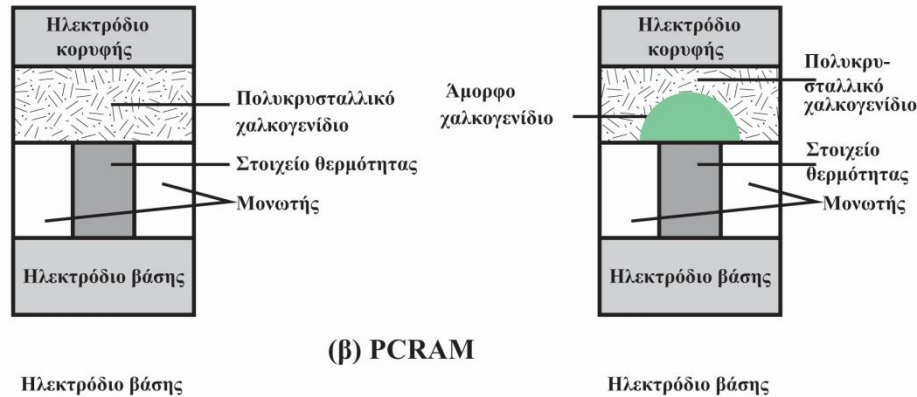
- Σε αυτήν την ιεραρχία έχει προστεθεί η μνήμη flash. Παρουσιάζει το πλεονέκτημα της μη πτητικότητας σε σχέση με την κλασσική μνήμη. Η υλοποίηση με πύλες NOR είναι καλύτερη για αποθήκευση προγραμμάτων και στατικών δεδομένων εφαρμογών σε ενσωματωμένα συστήματα. Η υλοποίηση με πύλες NAND έχει χαρακτηριστικά που είναι ενδιάμεσα της DRAM και των σκληρών δίσκων.
- Με τα χρόνια καθεμία από αυτές τις τεχνολογίες έχει βελτιωθεί: μεγαλύτερη πυκνότητα, υψηλότερη ταχύτητα, χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας και μικρότερο κόστος. Στις μνήμες ημιαγωγών είναι δύσκολο πλέον να συνεχιστεί η βελτίωση με αυτόν τον ρυθμό.
- Πρόσφατα δημιουργήθηκαν μνήμες με τεχνολογίες STT-RAM, PCRAM και ReRAM

Νεότερες μη πτητικές τεχνολογίες μνημών σταθερής κατάστασης

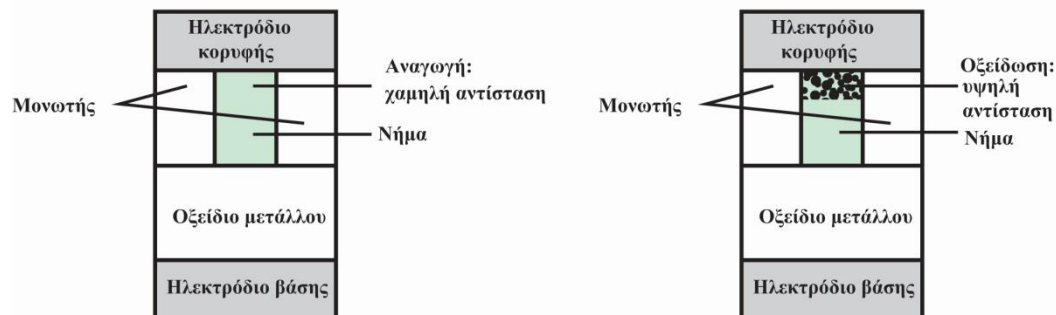
- Έχουν αρχίσει να παράγονται σε ποσότητες όμως επειδή οι μνήμες flash κυρίως με NAND και σε κάποιο βαθμό και με NOR εξακολουθούν να κυριαρχούν, αυτές οι νέες μορφές μνημών έχουν χρησιμοποιηθεί σε ειδικές εφαρμογές.
- Το γεγονός αυτό μπορεί να αλλάξει στα επόμενα χρόνια
- **STT-RAM** spin-transfer torque RAM: Είναι μια νέα μορφή μαγνητικής RAM (MRAM) η οποία είναι μη πτητική, έχει μεγάλη ταχύτητα ανάγνωσης και εγγραφής [$<10\text{ns}$] και μεγάλη ανεκτικότητα υψηλού προγραμματισμού ($<10^{15}$ κύκλοι) και μηδενική ενέργεια αναμονής.
- Είναι μια καλή υποψήφια τεχνολογία υλοποίησης της κύριας ή της κρυφής μνήμης.



(α) STT-RAM



(β) PCRAM



(γ) ReRAM

Νεότερες μη πτητικές τεχνολογίες μνημών σταθερής κατάστασης

- Η **RAM αλλαγής φάσης** (Phase-Change RAM, PCRAM) είναι η πιο ώριμη από αυτές τις τεχνολογίες με πλήθος αναφορών στη βιβλιογραφία.
- Βασίζεται σε υλικό χαλκογενιδίου, παρόμοιο με εκείνο που χρησιμοποιείται στα μέσα οπτικής αποθήκευσης. Η δυνατότητα αποθήκευσης οφείλεται στις διαφορές αντίστασης ανάμεσα σε μια άμορφη (υψηλής αντίστασης) και κρυσταλλικής (χαμηλής αντίστασης) του υλικού χαλκογενιδίου.
- Η PCRAM είναι μια καλή υποψήφια για να αντικαταστήσει ή να συμπληρώσει την DRAM στην υλοποίηση της κύριας μνήμης.

Νεότερες μη πτητικές τεχνολογίες μνημών σταθερής κατάστασης

- **ReRAM** (resistive RAM) γνωστή και ως RRAM, εργάζεται δημιουργώντας αντίσταση αντί να αποθηκεύει άμεσα το φορτίο. Στο υλικό εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα, αλλάζοντας την αντίστασή του. Στη συνέχεια μετριέται η κατάσταση της αντίστασης και ως αποτέλεσμα διαβάζεται 0 ή 1.
- Οι σχεδιάσεις της μνήμης είναι χαμηλής τάσης, η αντοχή είναι πολύ ανώτερη σε σύγκριση με τη μνήμη flash και τα κελιά είναι πολύ μικρότερα.
- Είναι μια καλή υποψήφια για να αντικαταστήσει ή να συμπληρώσει τις υπάρχουσες τεχνολογίες υλοποίησης της δευτερεύουσας και της κύριας μνήμης.

Οργάνωση & Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Κεφάλαιο 6

Εξωτερική Μνήμη

- Συστήματα και συσκευές εξωτερικής μνήμης
- Μαγνητικοί Δίσκοι
 - RAID
 - Στερεάς κατάστασης
- Οπτική μνήμη
 - CD
 - DVD
 - Blu-ray
- Μαγνητική ταινία

Οργάνωση & Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Κεφάλαιο 6.1

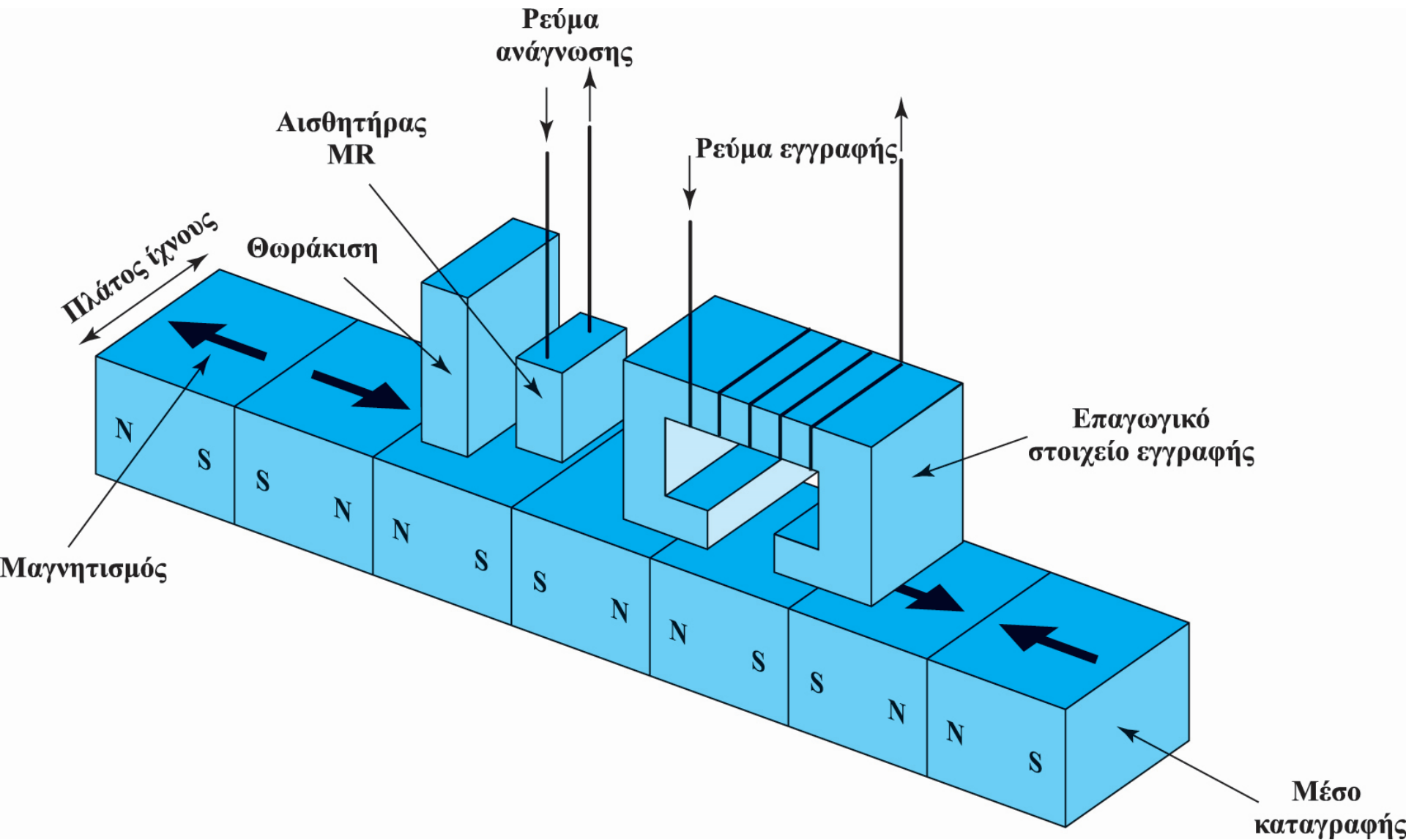
Μαγνητικός Δίσκος

- Είναι Κυκλικός Δίσκος μη μαγνητικού υλικού (ονομάζεται υπόστρωμα) και επικαλύπτεται με υλικό που μπορεί να μαγνητιστεί.
- Παλιότερα το υπόστρωμα ήταν αλουμινίου ή κράμα του.
- Σήμερα υπόστρωμα υάλου που έχει τα πλεονεκτήματα:
 - Βελτιωμένη ομοιομορφία της επιφάνειας η οποία αυξάνει την αξιοπιστία του δίσκου
 - Σημαντική μείωση των ελαττωμάτων της συνολικής επιφάνειας που μειώνει τα σφάλματα read/write
 - Μικρότερο διάκενο κεφαλής - δίσκου
 - Καλύτερη ακαμψία που μειώνει τη δυναμική καταπόνηση του δίσκου
 - Μεγαλύτερη αντοχή σε δονήσεις και γενικά βλάβες

Μηχανισμοί Μαγνητικής Ανάγνωσης και Εγγραφής

- Εγγραφή και ανάκτηση μέσω ενός αγώγιμου πηνίου που ονομάζεται κεφαλή
- Μπορεί να υπάρχει μια κεφαλή read/write ή δύο ξεχωριστές
- Μεταξύ read/write, η κεφαλή διατηρείται σταθερή, ο δίσκος περιστρέφεται
- Εγγραφή
 - Ηλεκτρισμός που διαρρέει το πηνίο επάγει ένα μαγνητικό πεδίο
 - Στέλνονται παλμοί στην κεφαλή και τα μαγνητικά υποδείγματα καταγράφονται στην επιφάνεια που βρίσκεται στο κάτω μέρος
 - Διαφορετικά υποδείγματα για θετική και αρνητική φορά του ρεύματος

Μηχανισμοί Μαγνητικής Ανάγνωσης και Εγγραφής



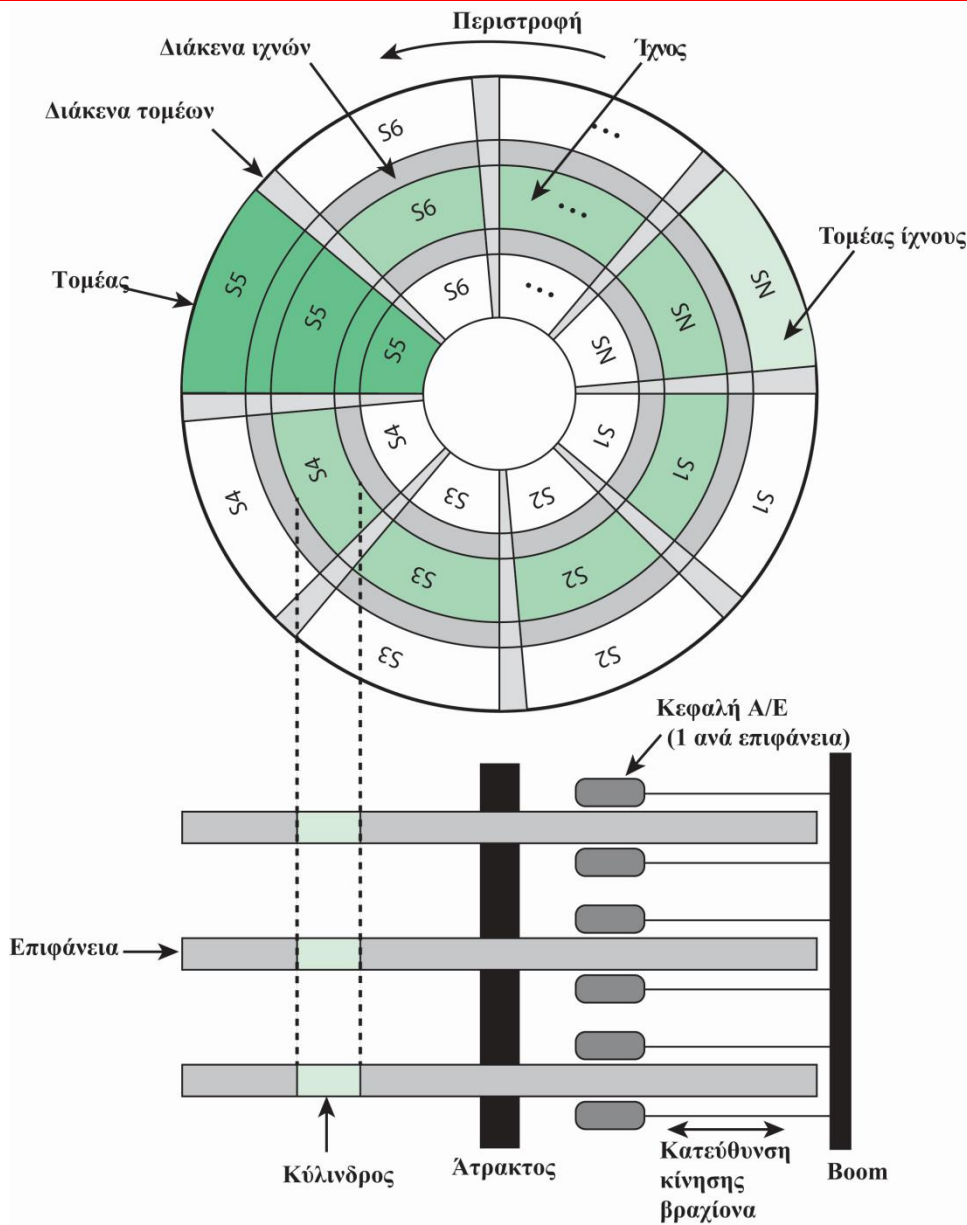
Μηχανισμοί Μαγνητικής Ανάγνωσης και Εγγραφής

- Ανάγνωση (Παλαιότερα Συστήματα)
 - Όταν το μαγνητικό πεδίο κινείται σχετικά με το πηνίο παράγεται ρεύμα στο πηνίο της ίδιας πολικότητας
 - Μια κεφαλή χρησιμοποιείται για εγγραφή / ανάγνωση
- Ανάγνωση (Σύγχρονα Συστήματα)
 - Ξεχωριστή κεφαλή ανάγνωσης, κοντά στην κεφαλή εγγραφής
 - Μερικώς θωρακισμένος αισθητήρας μαγνητικής αντίστασης (MR)
 - Η μαγνητική αντίσταση έχει ηλεκτρική αντίσταση που εξαρτάται από την κατεύθυνση του μαγνητισμού
 - Διαπερνώντας ρεύμα από τον αισθητήρα, οι αλλαγές της αντίστασης γίνονται αντιληπτές ως σήματα τάσης
 - Μεγαλύτερη πυκνότητα αποθήκευσης και ταχύτητα

Μορφή και Οργάνωση των Δεδομένων

- Σύνολο ομόκεντρων δακτυλίων που ονομάζονται **ίχνη** (tracks). Έχουν το ίδιο πλάτος με την κεφαλή.
- Διάκενο μεταξύ των ιχνών ελαχιστοποιεί τα σφάλματα κακής ευθυγράμμισης της κεφαλής ή παρεμβολής μεταξύ των μαγνητικών πεδίων.
- Τα δεδομένα μεταφέρονται ως **τομείς** (sectors). Υπάρχουν εκατοντάδες ανά ίχνος (σταθερού ή μεταβλητού μήκους). Στα σύγχρονα είναι σταθερά 512 bytes. Οι διαδοχικοί τομείς χωρίζονται με διάκενο.
- Μείωση διάκενου => Αυξημένη χωρητικότητα
- Υπάρχει ίσος αριθμός bits σε κάθε ίχνος
- Μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι τομείς σε κάθε τμήμα

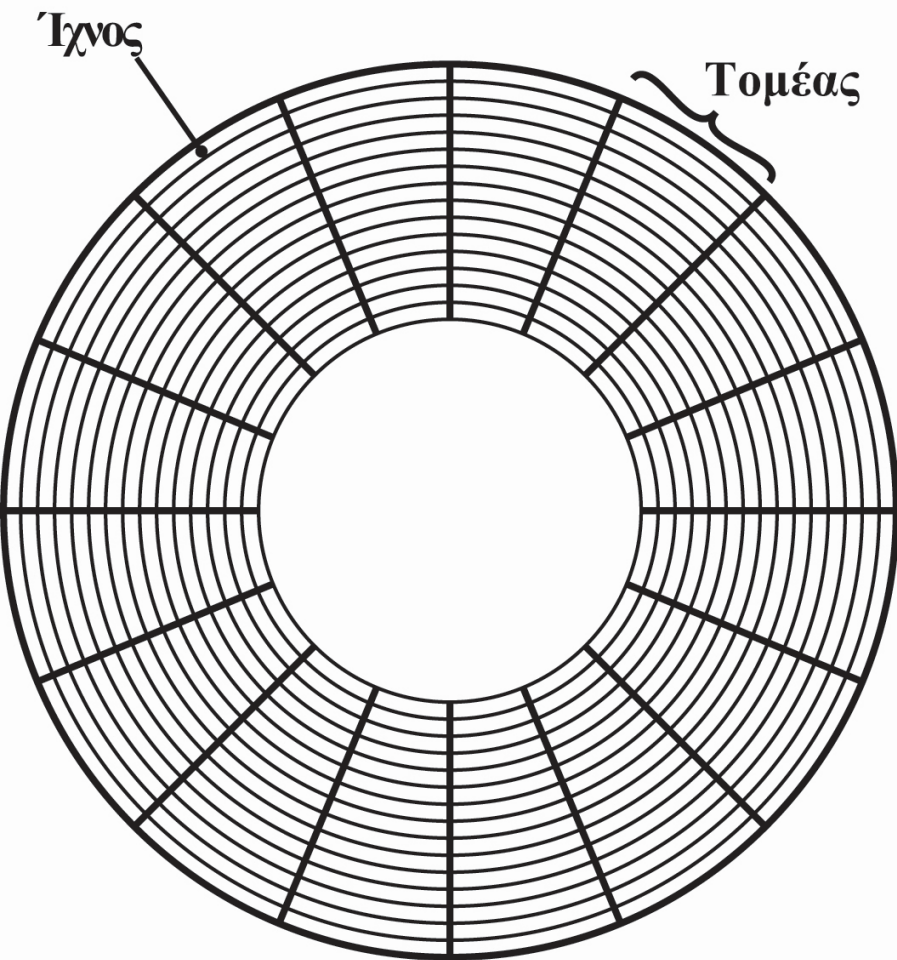
Φυσική Διάταξη Δεδομένων στον Δίσκο



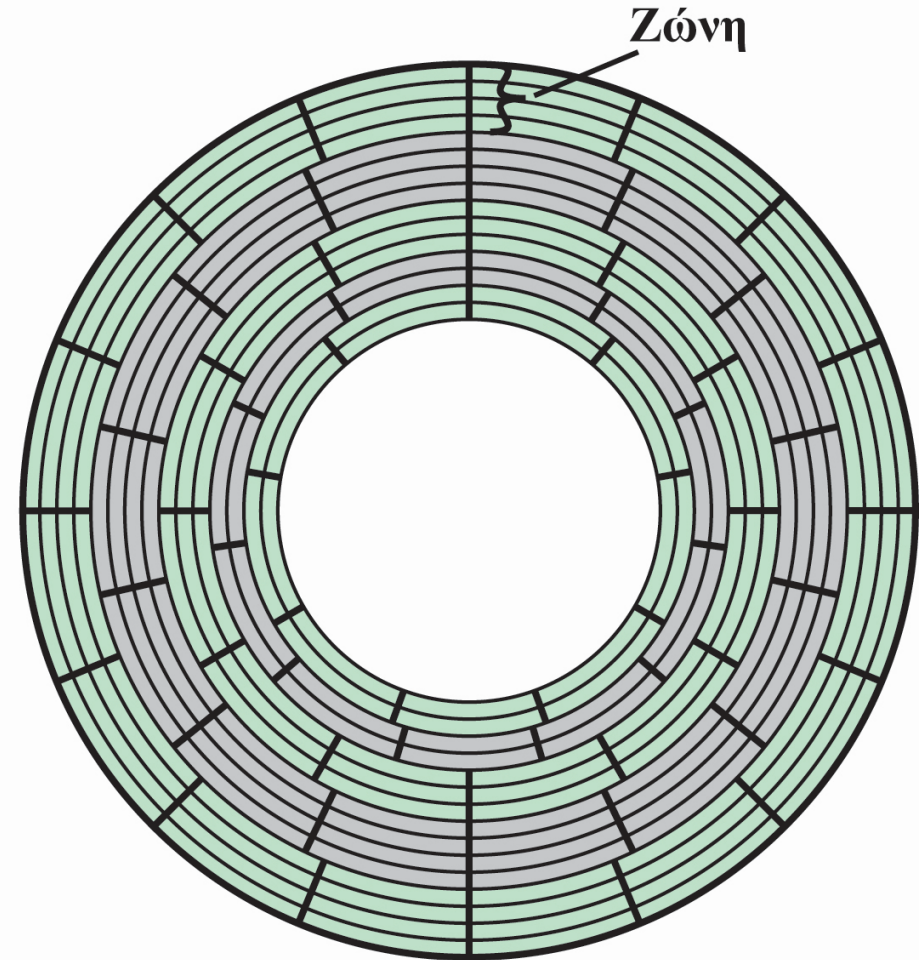
Μορφή και Οργάνωση των Δεδομένων

- Ένα bit κοντά στο κέντρο του περιστρεφόμενου δίσκου περνά από ένα σταθερό σημείο (κεφαλή) με μικρότερη ταχύτητα από ένα bit στο εξωτερικό μέρος του δίσκου
- Για να μπορεί η κεφαλή να τα διαβάσει με την ίδια ταχύτητα, είναι διαφορετική η απόσταση ανάμεσα στα bits που βρίσκονται σε διαφορετικά ίχνη.
- Μπορούν να σαρωθούν με τον ίδιο ρυθμό αν περιστρέφεται ο δίσκος με **σταθερή γωνιακή ταχύτητα** (Constant Angular Velocity -CAV).
 - Οι τομείς έχουν σχήμα κομματιού «πίτας» και τα ίχνη είναι ομόκεντρα
 - Το πλεονέκτημα της σταθερής γωνιακής ταχύτητας είναι ότι κάθε ίχνος και τομέας μπορεί να διευθυνσιοδοτηθεί

Σύγκριση Μεθόδων Οργάνωσης Δίσκων



(α) Σταθερή γωνιακή ταχύτητα



(β) Εγγραφή σε πολλαπλές ζώνες

Μορφή και Οργάνωση των Δεδομένων

- Μετακινούμε την κεφαλή στο καθορισμένο ίχνος και περιμένουμε το πέρασμα του επιθυμητού τομέα
- Μειονέκτημα με αυτή την ταχύτητα, είναι η σπατάλη χώρου στα εξωτερικά ίχνη (έχουν μικρή πυκνότητα δεδομένων σε σχέση με την μεγάλη των εσωτερικών ιχνών)
- Η πυκνότητα σε bits ανά γραμμικό εκατοστό αυξάνεται κατά τη μετακίνηση από το εξωτερικό προς το εσωτερικό ίχνος. Η χωρητικότητα ενός δίσκου με CAV περιορίζεται από τη μέγιστη πυκνότητα εγγραφής του εσωτερικού ίχνους.
- Για αύξηση της χωρητικότητας τα σύγχρονα συστήματα χρησιμοποιούν την τεχνική Εγγραφής Πολλαπλών Ζωνών (Multiple Zone Recording- MZR)

Μορφή και Οργάνωση των Δεδομένων

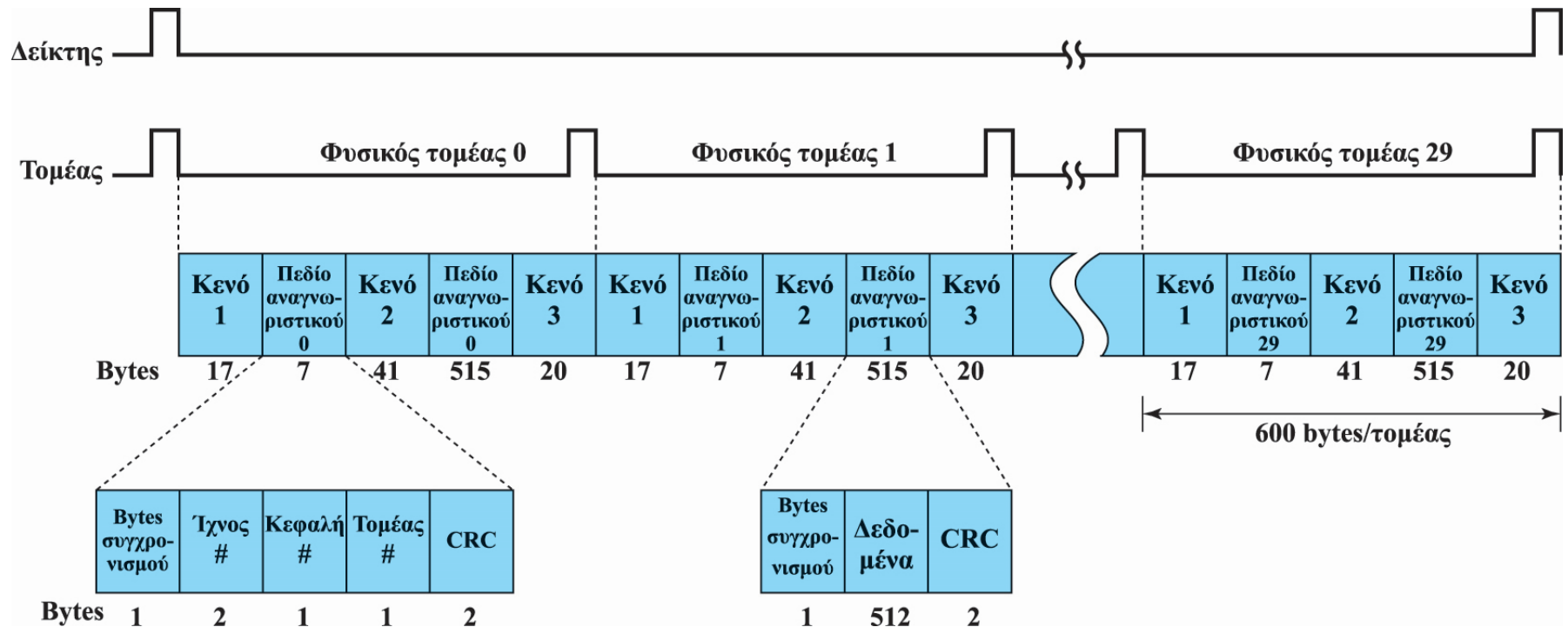
- Η τεχνική προσεγγίζει την ίση πυκνότητα bit ανά ίχνος
- Η επιφάνεια διαιρείται σε πλήθος από ομόκεντρες ζώνες (τυπικά 16).
- Κάθε ζώνη περιέχει ένα πλήθος συνεχών ιχνών (τυπικά χιλιάδες)
- Εντός μιας ζώνης το πλήθος των bits ανά ίχνος είναι σταθερό.
- Οι ζώνες μακριά από το κέντρο έχουν περισσότερους τομείς.
- Οι ζώνες ορίζονται έτσι ώστε η γραμμική πυκνότητα να είναι περίπου ίδια σε όλα τα ίχνη του δίσκου
- Μεγαλύτερη χωρητικότητα -> πολύπλοκα κυκλώματα

Μορφή και Οργάνωση των Δεδομένων

- Πρέπει να υπάρχει τρόπος εντοπισμού της θέσης των τομέων σε ένα ίχνος.
- Θα πρέπει να υπάρχει ένα σημείο έναρξης του ίχνους και ένας τρόπος καθορισμού της έναρξης και λήξης κάθε τομέα.
- Δεδομένα ελέγχου που είναι γραμμένα στο δίσκο ικανοποιούν τις παραπάνω απαιτήσεις.
- Κατάλληλα διαμορφωμένος δίσκος περιλαμβάνει τα επιπλέον δεδομένα που δεν είναι ορατά στο χρήστη αλλά μόνο από τον οδηγό του δίσκου.

Μορφή και Οργάνωση των Δεδομένων

- Μορφή ίχνους δίσκου Winchester (Seagate ST506)
- Κάθε ίχνος περιέχει 30 τομείς σταθερού μήκους μεγέθους 600 bytes. Κάθε τομέας περιέχει 512 bytes δεδομένων και πληροφορίες ελέγχου



Φυσικά Χαρακτηριστικά

Κίνηση της κεφαλής	Δίσκοι
Σταθερή κεφαλή (μία ανά ίχνος)	Ένας δίσκος
Μετακινούμενη κεφαλή (μία ανά επιφάνεια)	Πολλοί δίσκοι
Φορητότητα δίσκου	Μηχανισμός κεφαλής
Αφαιρούμενος δίσκος	Επαφής (Floppy)
Μη αφαιρούμενος δίσκος	Σταθερού διάκενου
	Αεροδυναμικού διάκενου (Winchester)
Πλευρές	
Μία πλευρά	
Δύο πλευρές	

Φυσικά Χαρακτηριστικά

- Σταθερής κεφαλής (σπάνια σήμερα)
 - Μια κεφαλή ανάγνωσης / εγγραφής ανά ίχνος
 - Οι κεφαλές τοποθετούνται σε κατάλληλο άκαμπτο βραχίονα ο οποίος εκτείνεται σε όλα τα ίχνη
- Μετακινούμενης κεφαλής
 - Μια κεφαλή ανάγνωσης / εγγραφής ανά πλευρά
 - Επειδή η κεφαλή θα πρέπει να τοποθετηθεί πάνω από κάθε ίχνος, ο βραχίονας έχει τη δυνατότητα να συμπτυχθεί ή να επεκταθεί ώστε να επιτυγχάνεται αυτός ο σκοπός.

Φυσικά Χαρακτηριστικά

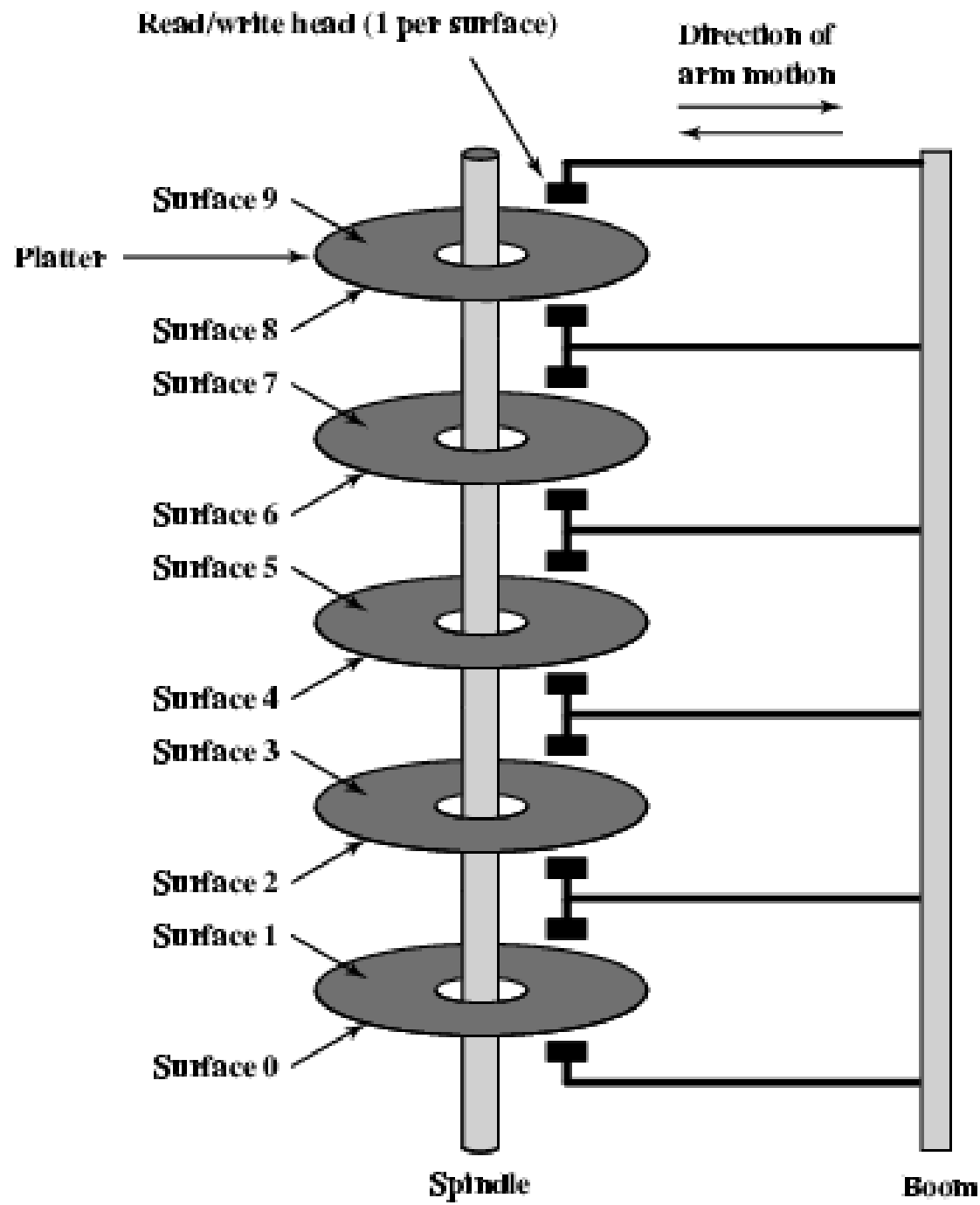
- Στους περισσότερους δίσκους η μαγνητική επικάλυψη εφαρμόζεται και στις δύο πλευρές, αναφέρονται ως **διπλής όψης**.
- Ορισμένα λιγότερο ακριβά συστήματα δίσκων χρησιμοποιούν δίσκους **μονής όψης**.

Φυσικά Χαρακτηριστικά

- Αφαιρούμενος Δίσκος
 - Μπορεί να αφαιρεθεί από τον οδηγό και να αντικατασταθεί από άλλο δίσκο
 - Παρέχει απεριόριστη χωρητικότητα
 - Εύκολη μεταφορά δεδομένων μεταξύ συστημάτων
 - Υπήρξαν στο παρελθόν:
 - ❖ ZIP drive (Φθηνό, κοινό αλλά μόνο 100M)
 - ❖ JAZ (Ακριβό με χωρητικότητα 1G)
 - ❖ L-120 (Ανάγνωση και σε 3.5" floppy αλλά μόνο 120M)
- Μη Αφαιρούμενος Δίσκος
 - Μόνιμα τοποθετημένος στον οδηγό του δίσκου

Φυσικά Χαρακτηριστικά

- Οι πολλαπλοί δίσκοι τοποθετούνται σε μια κατακόρυφη στοίβα και σε απόσταση ίση με μερικά χιλιοστά μεταξύ τους
- Μια κεφαλή σε κάθε πλευρά
- Οι κεφαλές είναι μηχανικά σταθερές έτσι ώστε να είναι συνδεδεμένες και ευθυγραμμισμένες (ισαπέχουν από το κέντρο του δίσκου)
- Ευθυγραμμισμένα ίχνη σε κάθε δίσκο δημιουργούν κυλίνδρους
- Τα δεδομένα διατάσσονται ακολουθιακά ανά κύλινδρο
 - Λιγότερες μετακινήσεις κεφαλής
 - Αυξημένη ταχύτητα (ρυθμός μεταφοράς δεδομένων)



Φυσικά Χαρακτηριστικά

- Ο μηχανισμός της κεφαλής παρέχει μια κατηγοριοποίηση τριών τύπων.
 - 1) Η κεφαλή έχει τοποθετηθεί σε σταθερή απόσταση πάνω στο δίσκο, επιτρέποντας να υπάρχει ένα κενό αέρα.
 - 2) Ένας μηχανισμός κεφαλής που έρχεται σε φυσική επαφή με το μέσο κατά τη διάρκεια λειτουργίας ανάγνωσης/εγγραφής (συνήθως στους εύκαμπτους δίσκους).
 - 8", 5.25", 3.5"
 - Μικρή χωρητικότητα, έως 1.44Mbyte (2.88M σπάνια)
 - Αργός
 - Καθολικός
 - Φθηνός
 - Ξεπερασμένος...

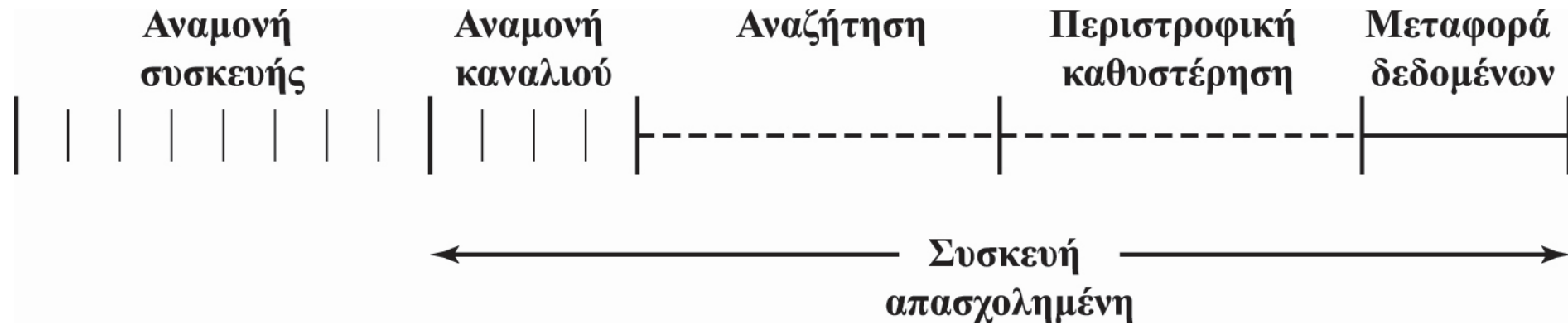
Φυσικά Χαρακτηριστικά

- 3) Οι κεφαλές είναι σχεδιασμένες ώστε να λειτουργούν σε αυστηρά σφραγισμένα συστήματα δίσκων, σε κοντινή απόσταση από την επιφάνεια του δίσκου σε σχέση με τις τυπικές κεφαλές των άκαμπτων δίσκων επιτρέποντας μεγαλύτερη πυκνότητα (Winchester).
- Αναπτύχθηκε από την IBM στο Winchester (USA)
 - Ενός ή περισσότερων δίσκων
 - Αεροδυναμική κεφαλή που ίπταται πάνω από την επιφάνεια του δίσκου λόγω του ρεύματος αέρα που δημιουργεί η περιστροφή
 - Πολύ μικρό διάκενο μεταξύ κεφαλής και δίσκου
 - Καθολικός
 - Φθηνός
 - Η γρηγορότερη μονάδα αποθήκευσης

Παράμετροι Απόδοσης του Δίσκου

- Για μια λειτουργία ανάγνωσης ή εγγραφής η κεφαλή θα πρέπει να τοποθετηθεί στο επιθυμητό ίχνος και στην αρχή του επιθυμητού τομέα του ίχνους. Σε σύστημα μετακινούμενης κεφαλής αυτό σημαίνει μετακίνηση της κεφαλής ή σε σύστημα σταθερής κεφαλής την επιλογή ηλεκτρονικά της κεφαλής
- Ο χρόνος που απαιτείται για την τοποθέτηση της κεφαλής στο ίχνος ονομάζεται **χρόνος αναζήτησης**.
- Ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει η αρχή του τομέα στην κεφαλή ονομάζεται **χρόνος περιστροφής** ή *λανθάνων χρόνος περιστροφής* – latency
- **Χρόνος Προσπέλασης** = αναζήτηση + περιστροφή
- **Χρόνος Μεταφοράς** είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά των δεδομένων

Παράμετροι Απόδοσης του Δίσκου



Παράμετροι Απόδοσης του Δίσκου

- Υπάρχουν επιπλέον καθυστερήσεις ουράς οι οποίες σχετίζονται με τη λειτουργία E/E του δίσκου.
- Όταν εκδίδεται μια αίτηση E/E από μια διεργασία, πρέπει να περιμένει αρχικά σε μια ουρά ώστε να υπάρχει διαθέσιμη συσκευή. Σε εκείνη τη χρονική στιγμή γίνεται εκχώρηση της συσκευής στη διεργασία. Αν η συσκευή μοιράζεται ένα ή περισσότερα κανάλια E/E με άλλους οδηγούς δίσκων, είναι πιθανόν να χρειαστεί περισσότερος χρόνος αναμονής μέχρι να ελευθερωθεί το κανάλι. Τότε αρχίζει η αναζήτηση προκειμένου να προσπελαστεί ο δίσκος.
- Προσδιορισμοί των χρόνων του δίσκου:
- Ο **χρόνος αναζήτησης** αποτελείται από δύο συνιστώσες: τον αρχικό χρόνο εκκίνησης & τον χρόνο διάσχισης

Παράμετροι Απόδοσης του Δίσκου

- Ο χρόνος διάσχισης είναι ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει στο κατάλληλο ίχνος από τη στιγμή που ο βραχίονας ξεκινήσει να λειτουργεί με την κατάλληλη ταχύτητα. Δεν είναι γραμμική συνάρτηση του πλήθους των ιχνών αλλά συμπεριλαμβάνει και χρόνο σταθεροποίησης (μετά την τοποθέτηση της κεφαλής, επιβεβαίωση της ταυτότητας του ίχνους)
- Παλιά ο δίσκος είχε διάμετρο 36 εκατοστά ενώ τώρα έχουμε 8,9 ίντσες που μειώνει την απόσταση που πρέπει να διασχίσει ο βραχίονας. Τυπικός χρόνος αναζήτησης < 10 ms
- **Χρόνος περιστροφής:** Οι δίσκοι εκτός από τους εύκαμπτους περιστρέφονται με 3600 rpm-20000rpm. Στην τελευταία ταχύτητα γίνεται μια περιστροφή ανά 3 ms αλλά κατά μέση τιμή είναι ίσος με 1,5 ms

Παράμετροι Απόδοσης του Δίσκου

- Ο **χρόνος μεταφοράς** εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής του δίσκου καθώς και το πλήθος των bytes που πρόκειται να μεταφερθούν και το πλήθος των bits ανά ίχνος. Είναι πολύπλοκο να υπολογιστεί.
- Η σειρά με την οποία διαβάζονται οι τομείς έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση των λειτουργιών E/E. Σε πολυπρογραμματιστικό περιβάλλον θα υπάρχουν αιτήσεις E/E οι οποίες ανταγωνίζονται για τον ίδιο δίσκο.
- Ορισμένοι τρόποι για την επίτευξη της βελτίωσης της απόδοσης E/E σε σχέση με αυτή που επιτυγχάνεται κατά την αμιγώς τυχαία προσπάθεια είναι ενδιαφέρον να εξεταστούν.

Οργάνωση & Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Κεφάλαιο 6.2

Το Σύστημα RAID

- Πλεονάζουσα Παράταξη Ανεξάρτητων Δίσκων (Redundant Array of Independent Disks – RAID)
- Ο ρυθμός βελτίωσης των μονάδων δευτερεύουσας αποθήκευσης είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με τον ρυθμό των επεξεργαστών και των μνημών. Υπάρχει έτσι ενδιαφέρον για την βελτίωσή τους.
- Οι σχεδιαστές των δίσκων γνωρίζουν ότι όταν ένα στοιχείο φτάσει στα όρια της απόδοσής του, η επιπλέον βελτίωση μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας πλήθος παράλληλων στοιχείων. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην υλοποίηση παρατάξεων δίσκων που λειτουργούν ανεξάρτητα και παράλληλα.
- Μπορούν έτσι οι ξεχωριστές αιτήσεις E/E να αντιμετωπιστούν παράλληλα αφού τα δεδομένα βρίσκονται σε ξεχωριστούς δίσκους

Το Σύστημα RAID

- Υπάρχει μια ποικιλία τρόπων με τους οποίους είναι δυνατόν να οργανωθούν τα δεδομένα και να προστεθούν πλεονασμοί ώστε να βελτιωθεί η αξιοπιστία.
- Η βιομηχανία έχει συμφωνήσει σε μια τυποποιημένη τεχνική σχεδίασης βάσεων δεδομένων πολλαπλών δίσκων, το σύστημα RAID.
- Η τεχνολογία αυτή έχει 7 επίπεδα (0 έως 6)
- Δεν αποτελούν ιεραρχία αλλά καθορίζουν διαφορετικές αρχιτεκτονικές σχεδίασης που έχουν τρία κοινά χαρακτηριστικά:
 1. Ένα σετ φυσικών δίσκων το λειτουργικό σύστημα τους βλέπει ως ένα λογικό δίσκο.
 2. Τα δεδομένα κατανέμονται κατάλληλα στους φυσικούς δίσκους μια παράταξης με τη μορφή γνωστή ως ->

Το Σύστημα RAID

-> χωρισμός σε λωρίδες.

3. Μπορεί να χρησιμοποιείται πλεονάζουσα χωρητικότητα για την αποθήκευση πληροφορίας ισοτιμίας για την ανάκτηση των δεδομένων σε περίπτωση βλάβης
- Τα επίπεδα 0 και 1 δεν υποστηρίζουν το τρίτο χαρακτηριστικό.
- Η στρατηγική αυτή χρησιμοποιεί πολλαπλούς οδηγούς δίσκων και κατανέμει τα δεδομένα με τρόπο που να επιτρέπονται οι ταυτόχρονες προσπελάσεις των δεδομένων από πολλούς δίσκους
- Η σημαντική συνεισφορά αυτής της πρότασης είναι η αποτελεσματική αντιμετώπιση της ανάγκης ύπαρξης πλεονάζουσας πληροφορίας.

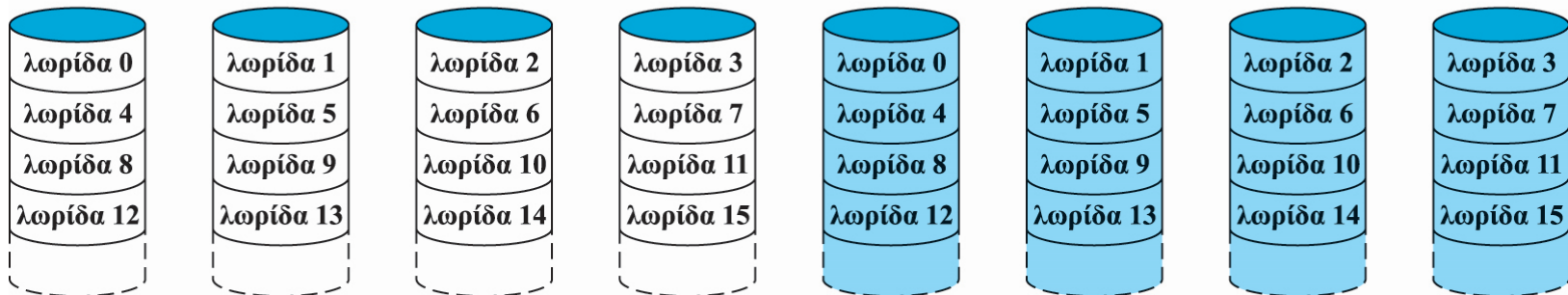
Το Σύστημα RAID

- Παρόλο που η χρήση πολλαπλών συσκευών αυξάνει την πιθανότητα σφαλμάτων, (μειώνοντας έτσι την αξιοπιστία) το σύστημα RAID χρησιμοποιεί τις αποθηκευμένες πληροφορίες ισοτιμίας επιτρέποντας έτσι την ανάκτηση των δεδομένων που χάνονται λόγω βλάβης ενός δίσκου.
- Από τα 7 επίπεδα μόνο τα 4 χρησιμοποιούνται συχνά: τα επίπεδα 0, 1, 5, 6.

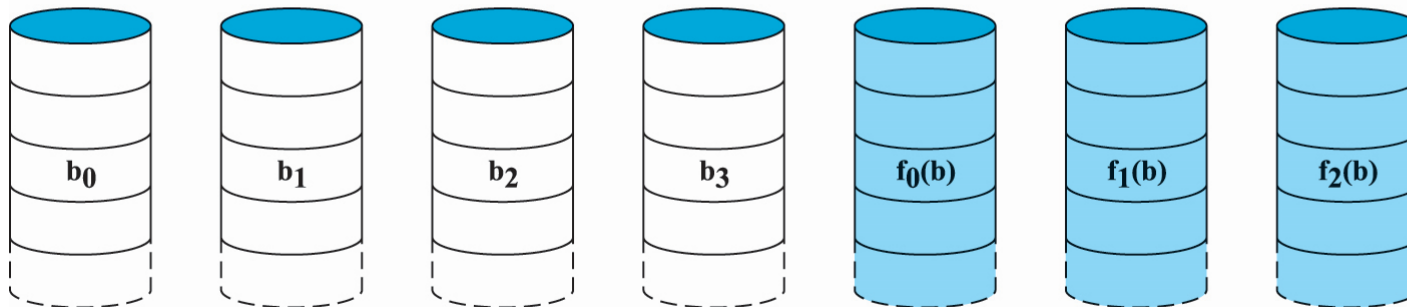
RAID 0, 1, 2



(α) RAID 0 (χωρίς πλεονασμό)

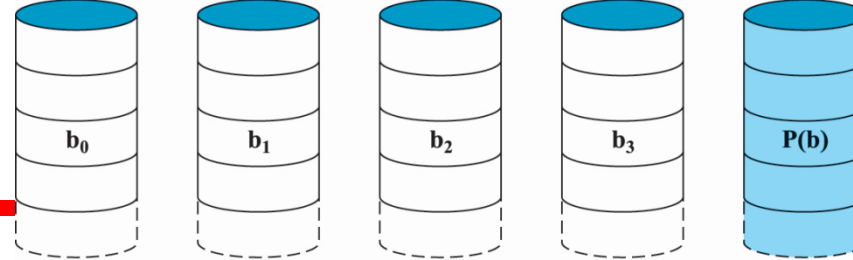


(β) RAID 1 (κατοπτρισμένο)



(γ) RAID 2 (πλεονασμός μέσω κώδικα Hamming)

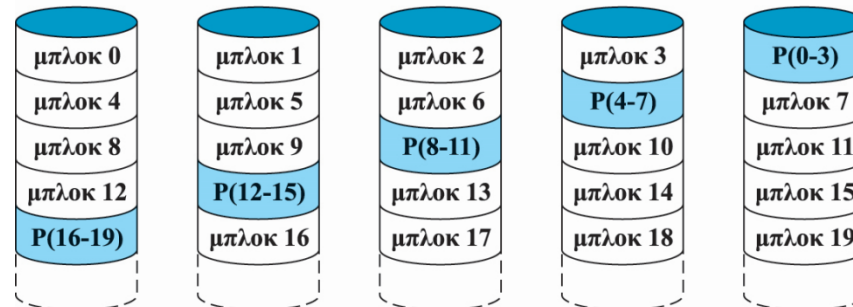
RAID 3, 4, 5, 6



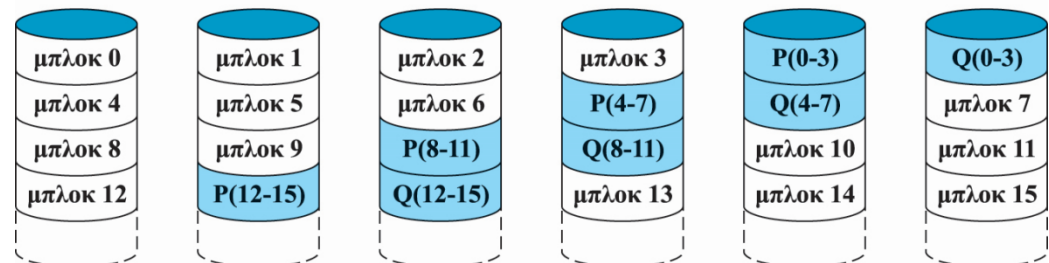
(δ) RAID 3 (ισοτιμία παρεμβalλόμενου bit)



(ε) RAID 4 (ισοτιμία επιπέδου μπλοκ)



(στ) RAID 5 (κατανεμημένη ισοτιμία επιπέδου μπλοκ)

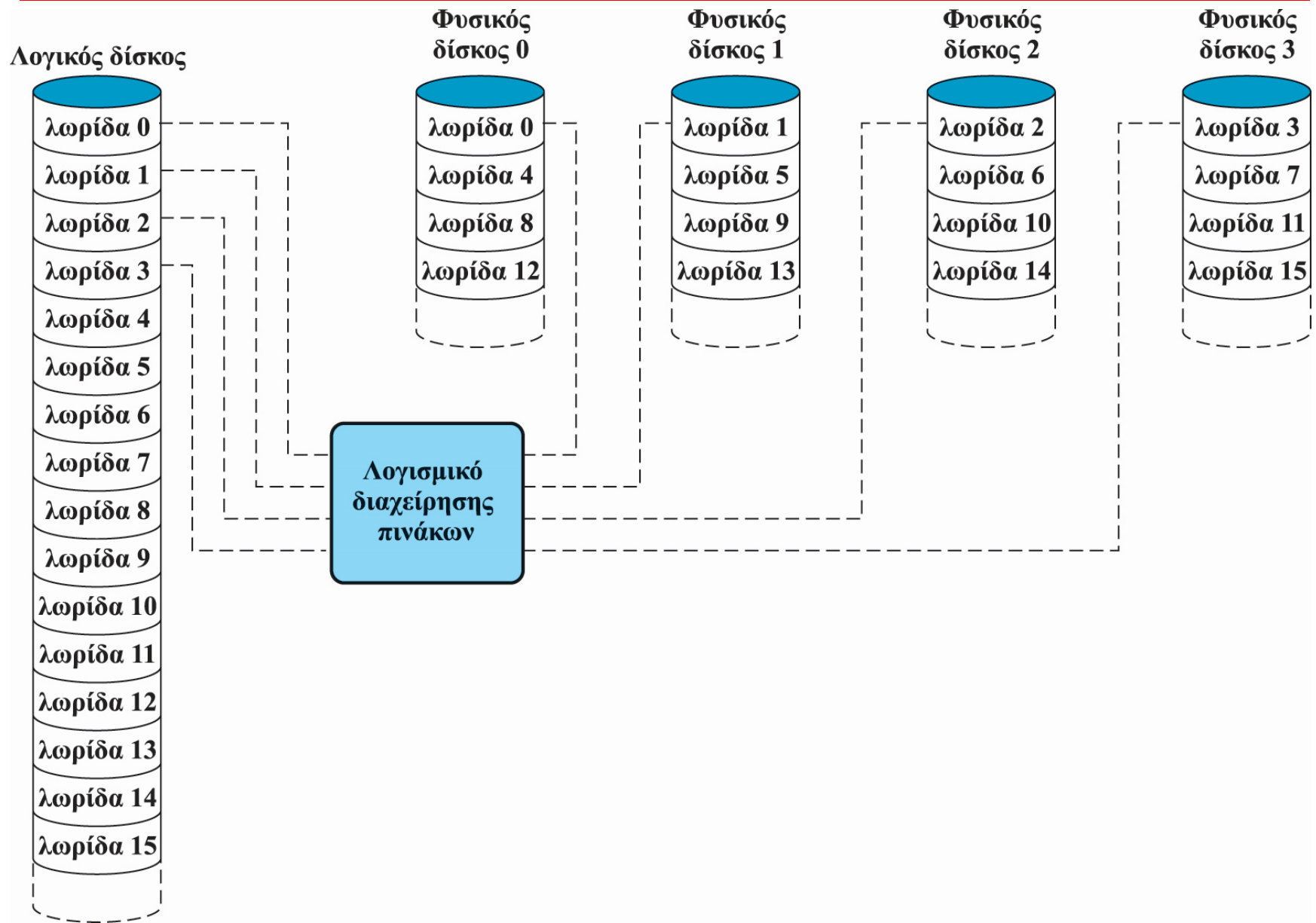


(ζ) RAID 6 (διπλός πλεονασμός)

RAID Επίπεδο 0

- Δεν χρησιμοποιείται πλεονάζουσα πληροφορία
- Τα δεδομένα κατανέμονται στο σύνολο των δίσκων. Πλεονέκτημα σε σχέση με τη χρήση μεγάλου δίσκου.
- Τα δεδομένα διαχωρίζονται σε λωρίδες στους διαθέσιμους δίσκους. Οι λωρίδες μπορεί να είναι φυσικά μπλοκ, τομείς ή κάποια άλλη μονάδα
- Ένα σύνολο από λογικές συνεχόμενες λωρίδες, στο οποίο απεικονίζεται ακριβώς μία λωρίδα σε κάθε μέλος της παράταξης αναφέρεται και ως ράβδωση
- Το πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι, ότι αν μια απλή αίτηση E/E αποτελείται από πολλές λογικές λωρίδες τότε έως και n λωρίδες αυτής της αίτησης μπορούν να τύχουν παράλληλης διαχείρισης

RAID Επίπεδο 0



RAID Επίπεδο 0

- Κατανομή Round Robin
- Αυξάνεται η ταχύτητα
 - Πολλαπλές αιτήσεις δεδομένων που πιθανώς είναι τοποθετημένα σε διαφορετικούς φυσικούς δίσκους
 - Παράλληλη αναζήτηση στους δίσκους
 - Ένα σύνολο δεδομένων πιθανώς έχει κατανεμηθεί σε πολλούς δίσκους
- Χρησιμοποιείται για την επίτευξη ενός υψηλού ρυθμού μεταφοράς δεδομένων
- Σε περιβάλλοντα που επικεντρώνονται στις συναλλαγές δεδομένων υπάρχουν εκατοντάδες αιτήσεις E/E. Αν το μέγεθος της λωρίδας είναι μεγάλο, μια απλή αίτηση E/E μπορεί να συμπεριλαμβάνει 1 μόνο προσπάθεια του δίσκου άρα είναι δυνατή η παράλληλη διαχείρισή τους.

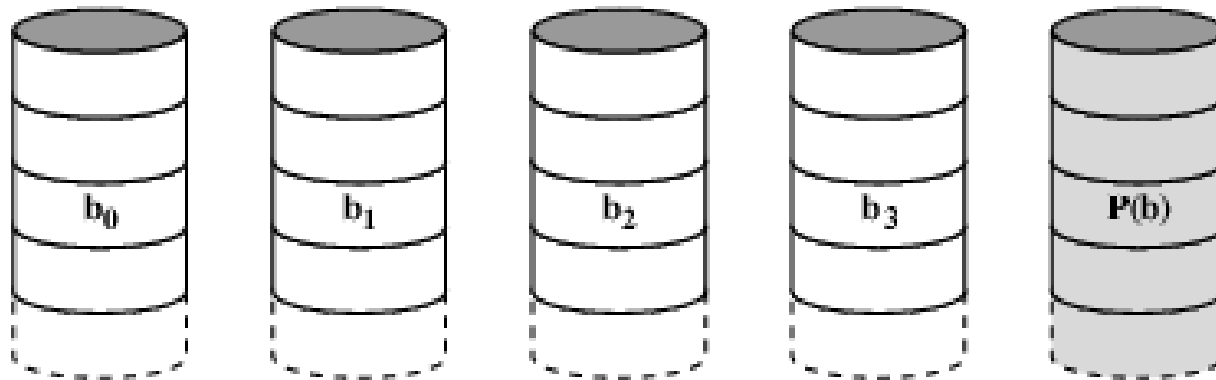
RAID Επίπεδο 1

- Δίσκοι καθρέπτες
- Ο πλεονασμός επιτυγχάνεται με την απλή τεχνική διπλασιασμού του συνόλου των δεδομένων.
- Κάθε λογική λωρίδα απεικονίζεται σε δύο ξεχωριστούς φυσικούς δίσκους
- Ο δίσκος-καθρέπτης περιέχει ακριβώς τα ίδια δεδομένα
- Πλεονεκτήματα:
 - 1) Μπορεί να γίνει ανάγνωση και από τους δύο
 - 2) Εγγραφή και στους δύο παράλληλα
 - 3) Η ανάκτηση των δεδομένων σε βλάβη είναι απλή
 - Αλλαγή ελαττωματικού δίσκου & επανεγγραφή
 - Το σύστημα δεν τίθεται εκτός λειτουργίας
- Ακριβό (απαιτεί διπλάσιο χώρο από το λογικό δίσκο)

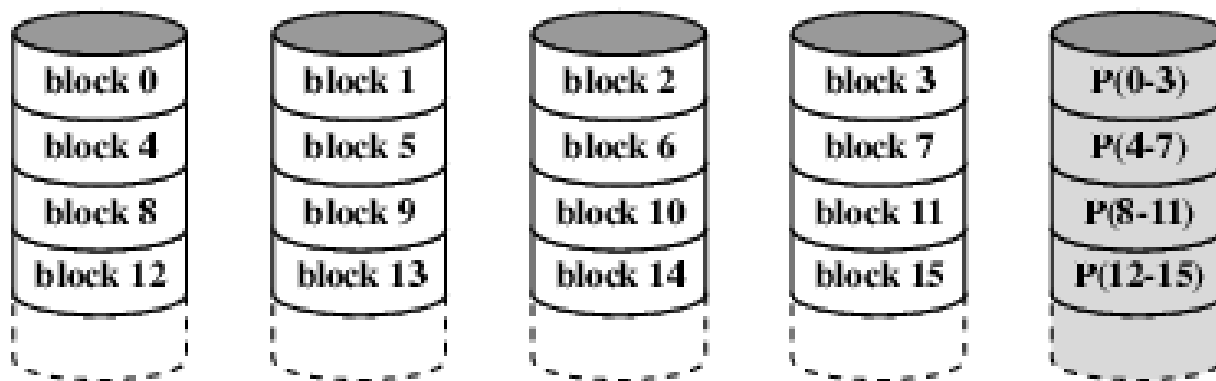
RAID Επίπεδο 2

- Οι δίσκοι είναι συγχρονισμένοι (ώστε κάθε κεφαλή να βρίσκεται στην ίδια θέση, σε κάθε δίσκο κάθε στιγμή)
- Πολύ μικρές λωρίδες. Συχνά σε επίπεδο byte ή word.
- Ο κώδικας διόρθωσης σφαλμάτων πρέπει να υπολογιστεί για τα απαιτούμενα bits που έχουν τοποθετηθεί σε κάθε δίσκο και να αποθηκευτούν στις αντίστοιχες θέσεις bit των δίσκων ισοτιμίας
- Απαιτεί μεγάλο αριθμό δίσκων ισοτιμίας για αποθήκευση του κώδικα Hamming ανιχνεύοντας και διπλά σφάλματα. Το πλήθος των δίσκων πλεονασμού είναι ανάλογο του λογαρίθμου του πλήθους των bits δεδομένων.
- Υπερβολικά μεγάλη πλεονάζουσα πληροφορία
- Ακριβό. Μόνο για περιβάλλοντα με πολλά σφάλματα δίσκων. Δεν χρησιμοποιείται.

RAID 3 & 4



(d) RAID 3 (bit-interleaved parity)



(e) RAID 4 (block-level parity)

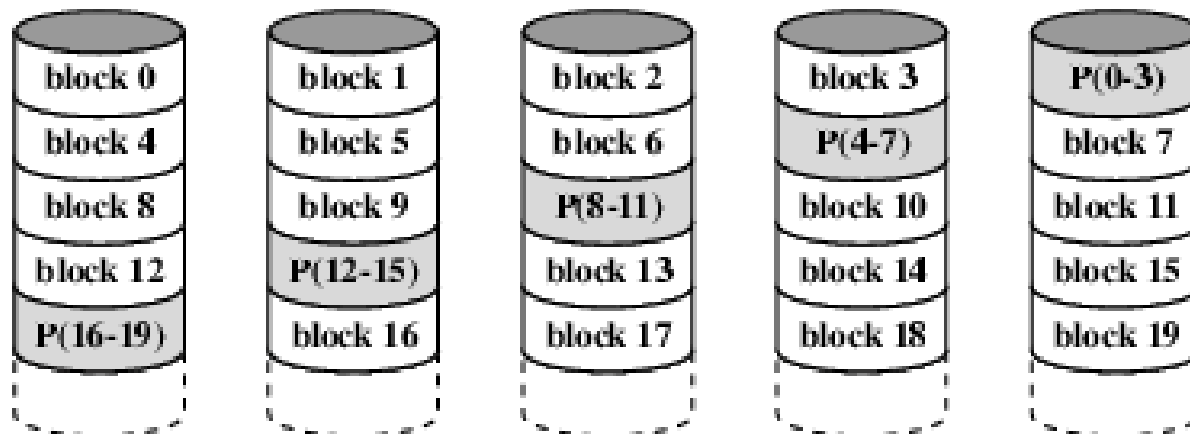
RAID Επίπεδο 3

- Παρόμοιο με το RAID 2
- Απαιτεί μόνο 1 πλεονάζων δίσκο, ανεξάρτητα από το μέγεθος της παράταξης
- Υπολογίζεται ένα bit ισοτιμίας για κάθε σύνολο bits που βρίσκονται στην ίδια θέση σε όλους τους δίσκους
- Τα δεδομένα στον ελαττωματικό δίσκο μπορούν να ανακτηθούν από τα εναπομείναντα δεδομένα και την πληροφορία ισοτιμίας χρησιμοποιώντας τον υπολογισμό XOR
- Μεγάλη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Κάθε αίτηση E/E περιλαμβάνει την παράλληλη μεταφορά δεδομένων από όλους τους δίσκους δεδομένων. Μόνο μία αίτηση κάθε φορά. Σε περιβάλλοντα συναλλαγών η απόδοση είναι πολύ χαμηλή.

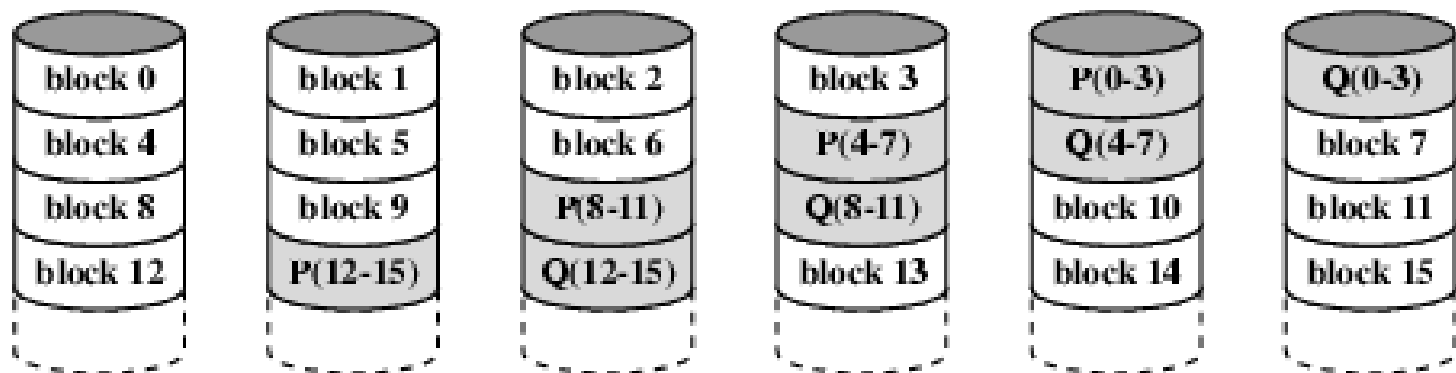
RAID Επίπεδο 4

- Κάθε δίσκος λειτουργεί ανεξάρτητα (επίπεδα 4-6)
- Καλό για εφαρμογές με μεγάλο αριθμό αιτήσεων I/O και όχι για εφαρμογές που απαιτούν μεγάλους ρυθμούς μεταφοράς
- Μεγάλες λωρίδες
- Υπολογίζεται μια λωρίδα ισοτιμίας bit προς bit για κάθε λωρίδα που βρίσκεται σε αντίστοιχες θέσεις στους δίσκους δεδομένων και τα bits ισοτιμίας αποθηκεύονται στην αντίστοιχη λωρίδα του δίσκου ισοτιμίας
- Υπάρχει ποινή όταν γίνεται αίτηση εγγραφής μικρού μεγέθους. Το λογισμικό διαχείρισης της παράταξης πρέπει να ενημερώνει όχι μόνο τα δεδομένα αλλά και τα αντίστοιχα bit ισοτιμίας. Κάθε εγγραφή περιλαμβάνει 2 αναγνώσεις και 2 εγγραφές

RAID 5 & 6



(f) RAID 5 (block-level distributed parity)



(g) RAID 6 (dual redundancy)

RAID Επίπεδο 5

- Παρόμοιο με RAID 4
- Ωστόσο η πληροφορία ισοτιμίας κατανέμεται σε όλους τους δίσκους
- Round robin κατανομή για την ακολουθία ισοτιμίας
- Σε μια παράταξη n δίσκων η λωρίδα ισοτιμίας βρίσκεται σε διαφορετικό δίσκο για τις πρώτες n λωρίδες
- Λύνει το πρόβλημα συμφόρησης του δίσκου ισοτιμίας που εμφανίζεται στο RAID 4
- Χρησιμοποιείται συχνά σε εξυπηρετητές δικτύου

RAID Επίπεδο 6

- 2 διαφορετικοί υπολογισμοί ισοτιμίας
- Αποθηκεύονται σε ξεχωριστά blocks σε διαφορετικούς δίσκους
- Εάν ο χρήστης απαιτεί N δίσκους τότε χρειάζονται $N+2$
- Μεγάλη αξιοπιστία (πολύ μεγάλη διαθεσιμότητα στα δεδομένα)
 - Πρέπει να αποτύχουν τρεις δίσκοι για να χαθούν δεδομένα
 - Μειωμένη απόδοση εγγραφής επειδή κάθε εγγραφή επιδρά σε δύο μπλοκ ισοτιμίας