



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Ενότητα 9: Εσωτερική και Εξωτερική μνήμη.

Δρ. Μηνάς Δασυγένης

mdasyg@ieee.org

Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής
Υπολογιστών

<http://arch.ece.uowm.gr/mdasyg>



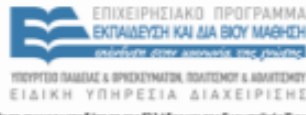
Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σκοπός ενότητας

- Η κατανόηση των τεχνολογιών εσωτερικής και εξωτερικής μνήμης.
- Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε τεχνολογίας αποθήκευσης.



Η εσωτερική μνήμη



Η κύρια μνήμη αποτελείται από ημιαγωγούς

- Οι πρώτοι υπολογιστές χρησιμοποιούσαν συστοιχία φερρομαγνητικών δακτυλίων.
- Η κύρια μνήμη στους σημερινούς υπολογιστές αποτελείται από ημιαγωγούς.
- Το βασικό στοιχείο μιας μνήμης από ημιαγωγούς είναι το κύτταρο μνήμης.
- Ανεξαρτήτως της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται όλα τα κύτταρα μνήμης έχουν κοινές ιδιότητες.

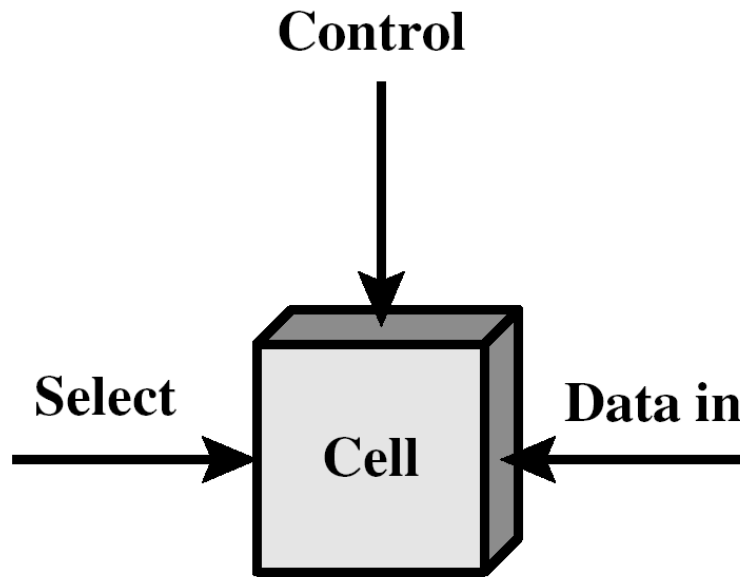


Τα κοινά χαρακτηριστικά των κυττάρων μνήμης

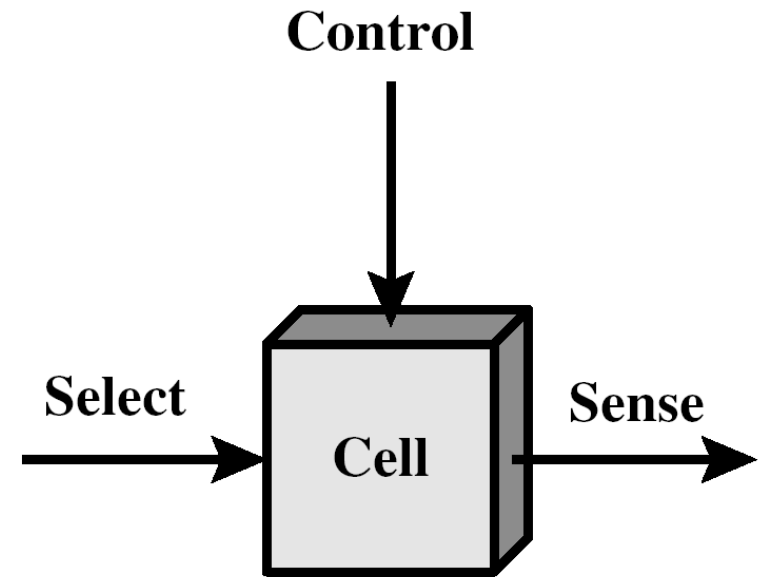
- Εμφανίζουν δυο σταθερές καταστάσεις, οι οποίες αναπαριστούν το 1 και το 0.
- Υπάρχει η δυνατότητα να υποστούν εγγραφή (έστω για μια μόνο φορά).
- Υπάρχει η δυνατότητα να διαβαστούν για να διαπιστωθεί η κατάσταση που βρίσκονται.



Η λειτουργία των κυττάρων μνήμης



(a) Write



(b) Read

Υπάρχουν 3 ακροδέκτες!



Οι κατηγορίες των κύριων τύπων μνήμης

Memory type	Category	Erase	Write Mechanism	Volatility
Random-access Memory (RAM)	Read-write memory	Electrically, byte-level	Electrically	Volatile
Read-only Memory (ROM)	Read only memory	Not possible	Masks	Non Volatile
Programmable ROM (PROM)			Electrically	
Erasable PROM (EPROM)	UV light, chip level			
Electrically Erasable PROM (EEPROM)	Electrically, byte-level			
Flash Memory	Electrically, block-level			

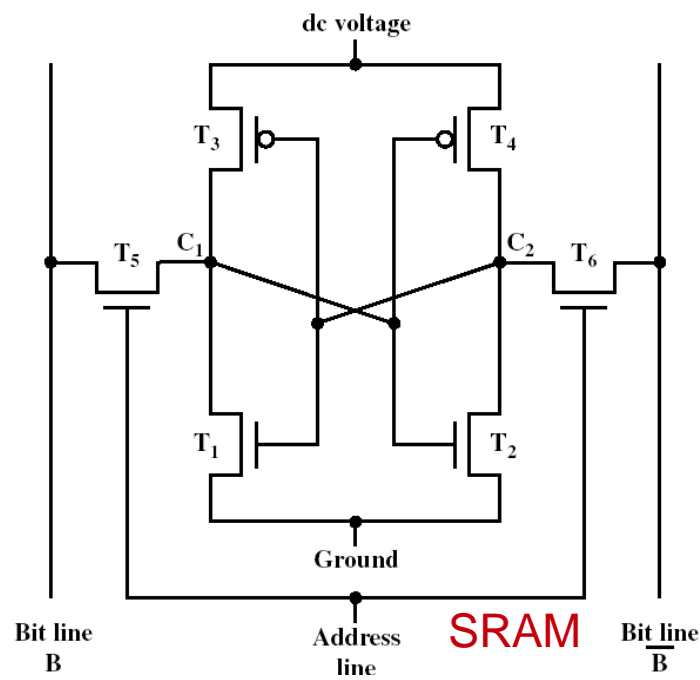
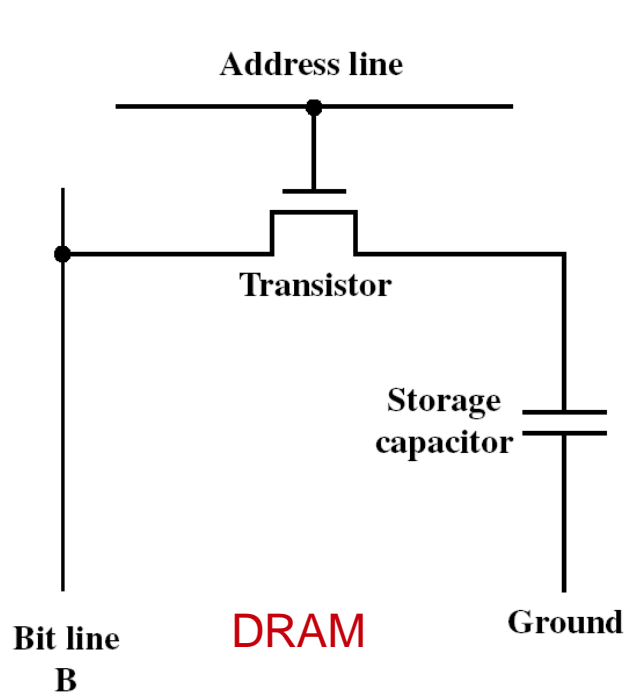
Volatile: πτητική μνήμη, τα δεδομένα χάνονται όταν διακοπεί η τροφοδοσία.



Μορφές RAM

2 είναι οι παραδοσιακές μορφές RAM που χρησιμοποιούνται στους υπολογιστές:

- STATIC RAM (**SRAM**).
- DYNAMIC RAM (**DRAM**).



Η μνήμη DRAM (1/2)

- Τα bit αποθηκεύονται ως φορτία σε πυκνωτές.
- Οι πυκνωτές έχουν διαρροές.
- Απαιτείται περιοδική ανανέωση (επανεγγραφή).
- Απλή κατασκευή.
- Λιγότερο υλικό ανά bit.



Η μνήμη DRAM (2/2)

- Απαιτούνται επιπρόσθετα κυκλώματα ανανέωσης.
- Πιο αργή.
- Χρησιμοποιείται ευρέως για την κεντρική μνήμη.
- Θεωρείται “αναλογική” γιατί το φορτίο ενός πυκνωτή καθορίζει αν θα είναι 1 ή 0.



Λειτουργία DRAM

- Η γραμμή διεύθυνσης (*address line*) ενεργοποιείται, όταν πρόκειται να γίνει εγγραφή ή ανάγνωση.
- Ο πυκνωτής αποθηκεύει το φορτίο.
- Όταν ενεργοποιηθεί το transistor για λειτουργία ανάγνωσης, τότε το ρεύμα ρέει από τον πυκνωτή προς τη γραμμή του bit και στον ενισχυτή σήματος. Το φορτίο στον πυκνωτή πρέπει να ανανεωθεί.
- Για τη λειτουργία εγγραφής τοποθετείται μια τάση στη γραμμή bit η οποία αποθηκεύεται στον πυκνωτή, όταν ενεργοποιηθεί το transistor.



Η μνήμη SRAM

- Θεωρείται “Ψηφιακή” γιατί χρησιμοποιεί flip-flop.
- Δεν υπάρχει διαρροή.
- Δεν απαιτείται ανανέωση.
- Πιο σύνθετη λειτουργία.
- Πιο γρήγορη.
- Πιο μεγάλη και πιο ακριβή ανά bit.
- Χρησιμοποιείται για κρυφή μνήμη (*cache*).



Λειτουργία της SRAM

- Λογικό “1”
 - C1 υψηλή στάθμη, C2 χαμηλή στάθμη
 - T1,T4 off
 - T2,T3 on
- Λογικό “0”
 - C1 χαμηλή στάθμη, C2 υψηλή στάθμη
 - T2, T3 off
 - T1, T4 on
- Ανάγνωση, επιλέγεται η γραμμή διεύθυνσης και η τιμή μεταφέρεται στο B.
- Εγγραφή, εφαρμόζονται οι κατάλληλες τάσεις B,B'



Οι ομοιότητες και διαφορές των DRAM/SRAM

- Πτητικές:
 - Απαιτείται τροφοδοσία για τη διατήρηση των bit.
 - Χρησιμοποιεί τη γραμμή διεύθυνσης.
- DRAM:
 - Απλή, μικρή, μεγαλύτερη πυκνότητα, φθηνή, απαιτείται ανανέωση, χρησιμοποιείται για κεντρική μνήμη, απαιτεί επιπρόσθετα κυκλώματα.
- SRAM:
 - Χρησιμοποιείται για κρυφή μνήμη.



Η μνήμη μόνο για ανάγνωση ROM

- Μόνιμη αποθήκευση (μη πτητική).
- Δε μεταβάλλονται τα δεδομένα.
- Χρησιμοποιείται για μικροπρογραμματισμό.
- Χρησιμοποιείται για πίνακες συναρτήσεων (π.χ. Τριγωνομετρικών).
- Χρησιμοποιείται για βασικά διαγνωστικά προγράμματα (BIOS).
- Χρησιμοποιείται για βιβλιοθήκες υπορουτινών.



Οι τύποι ROM;

- ROM:
 - Δημιουργία κατά την κατασκευή όπως τα chip (ακριβή διαδικασία).
- Προγραμματιζόμενη (*Programmable*) ROM (**PROM**):
 - Απαιτείται ειδικός εξοπλισμός για την εγγραφή.
 - Μια φορά μόνο μπορεί να γίνει εγγραφή.

ROM κυρίως για ανάγνωση:

- Διαγράψιμη (*Erasable*) PROM (**EPROM**)
 - Διαγραφή με UV.
- Ηλεκτρικά (*electrically*) EPROM (**EEPROM**).
- FLASH (*μοιάζει με EEPROM*).
 - Μπορεί να διαγράψει μόνο blocks, όχι όλη τη μνήμη.

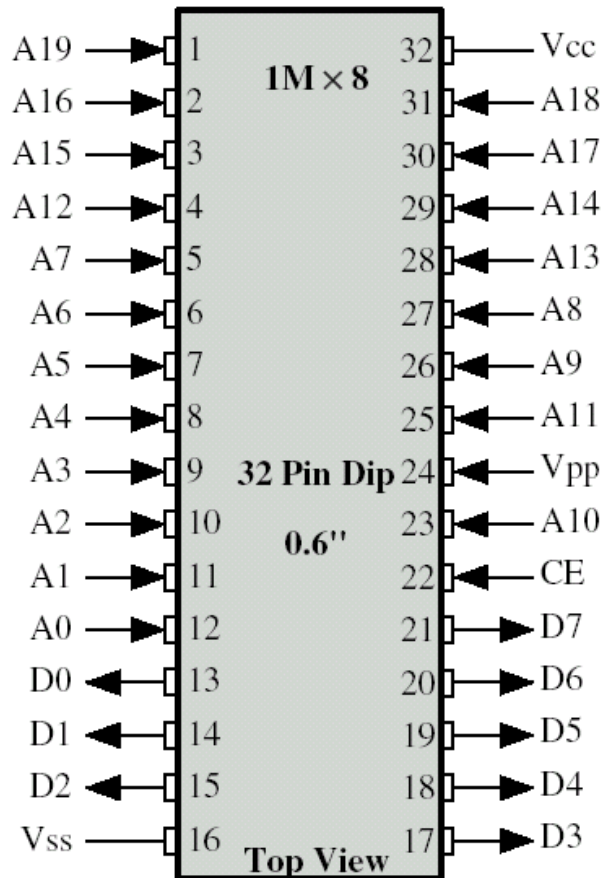


Οργάνωση της μνήμης

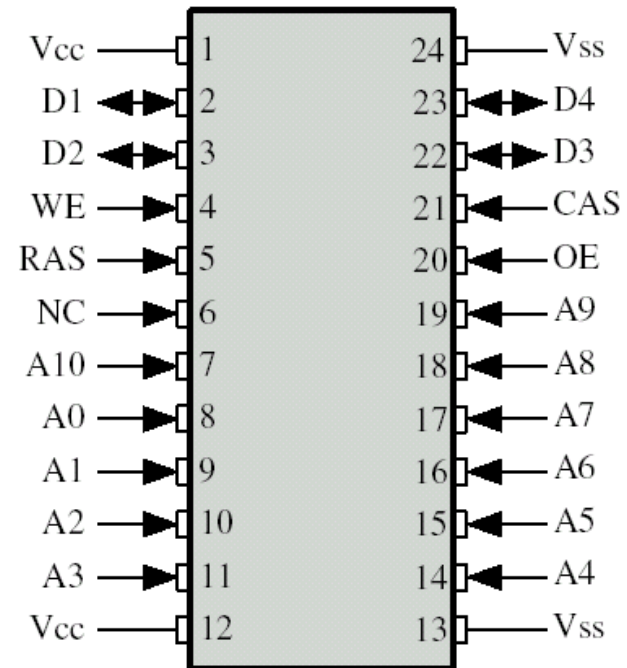
- Ένα βασικό θέμα στο σχεδιασμό μνημών είναι ο αριθμός των bit που θα αναγνωσθούν/εγγραφούν κάθε φορά.
- Αυτό προσδιορίζει το μήκος λέξης.
- Για παράδειγμα 16Mbit μπορούν να οργανωθούν σε 1M λέξεις των 16bit ή 2M λέξεις των 8bit.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οργάνωση 1 bit ανά chip, δηλαδή η κάθε μνήμη κάθε φορά επιστρέφει 1 bit. Για να έχουμε λέξεις των 8bit πρέπει να έχουμε 8 chip και διευθύνσεις 2M (*11bit*).



Συσκευασίες των chip



(a) 8 Mbit EPROM



(b) 16 Mbit DRAM

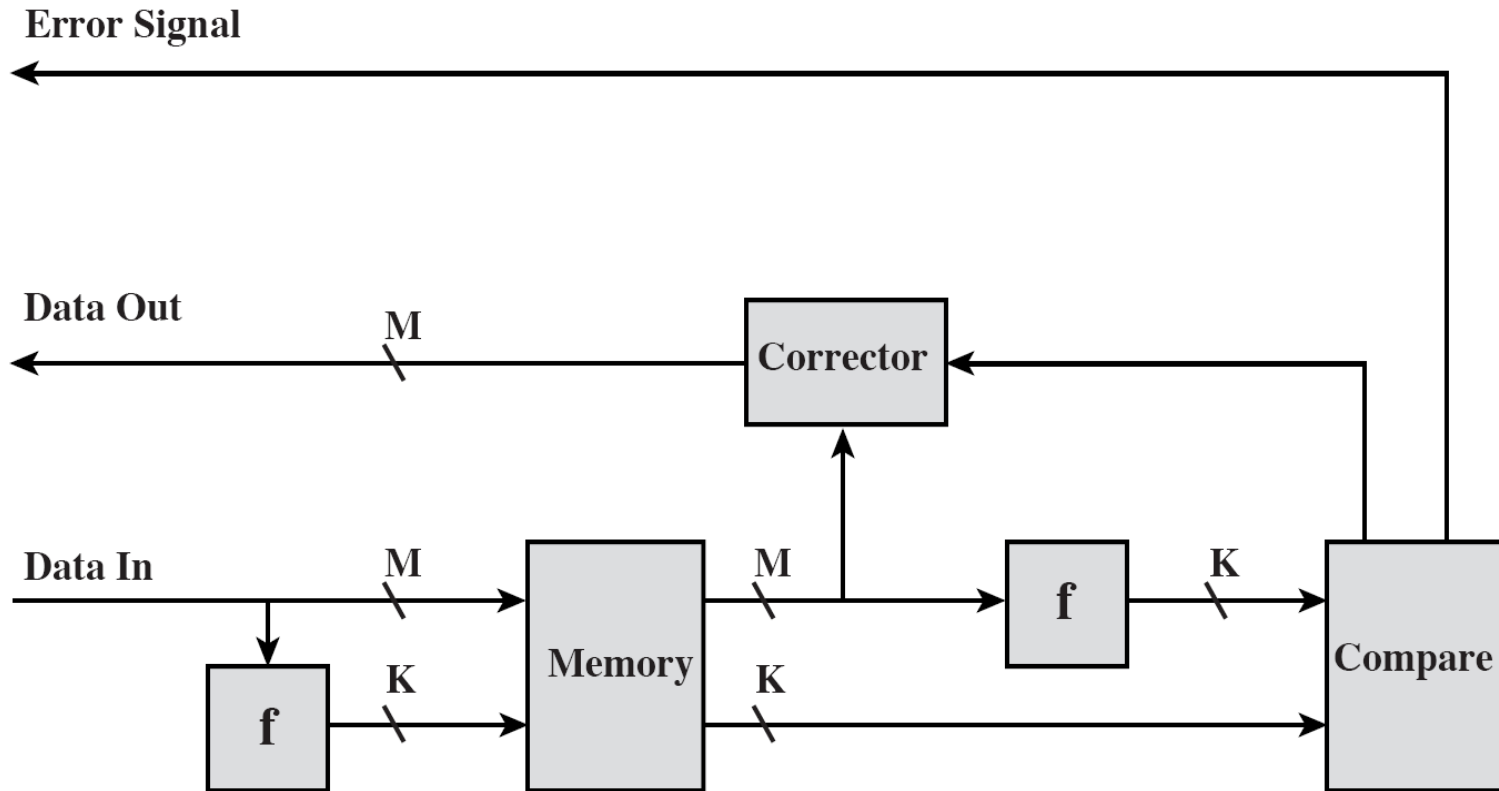


Υπάρχουν πολλές κατηγορίες σφαλμάτων

- Ανεπιθύμητα σε κάθε περίπτωση!
- Διορθώνονται με κώδικα διόρθωσης λαθών.
- Μόνιμα σφάλματα:
 - Μόνιμη φυσική καταστροφή (*περιβαλλοντικούς λόγους, ελαττωματική κατασκευή, φυσική φθορά*).
- Προσωρινά σφάλματα:
 - Μη καταστροφικό γεγονός.
 - Προβλήματα από τροφοδοτικό ή κοσμικά σωματίδια.



Η λειτουργία του κώδικα διόρθωσης σφαλμάτων



Η RAM δεν έχει αναπτυχθεί τόσο τεχνολογικά όσο οι CPU

- Το βασικό δομικό τμήμα της κύριας μνήμης παραμένει το chip της DRAM.
- Δεν έχει ακολουθήσει τεχνολογικά την ανάπτυξη των επεξεργαστών τις τελευταίες δεκαετίες.
- Την τελευταία δεκαετία έχει υπάρξει πρόοδος με τις μνήμες:
 - SDRAM
 - RDRAM

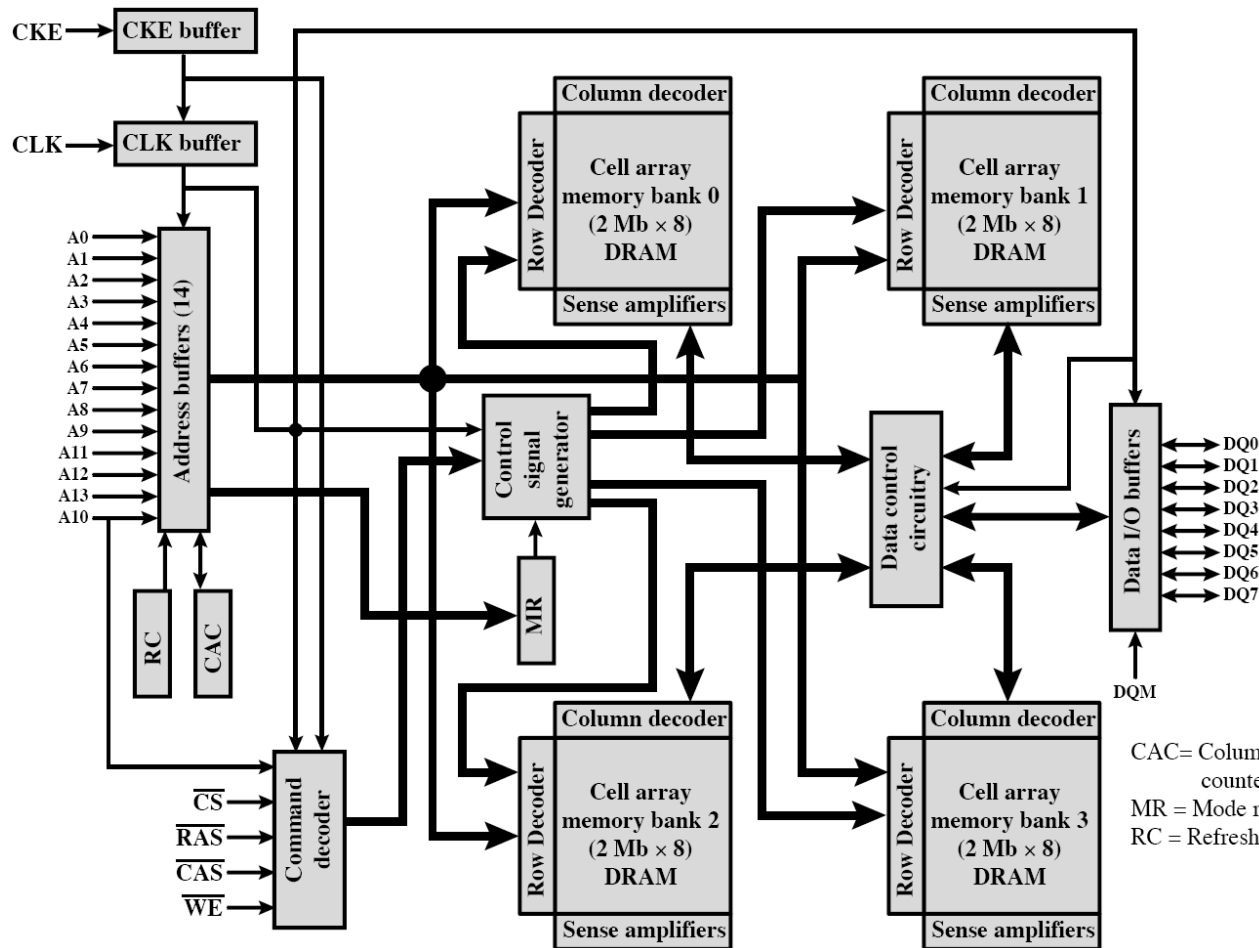


Η λειτουργία της SDRAM

- Synchronous DRAM (**SDRAM**).
- Ανταλλάσσει δεδομένα με τον επεξεργαστή σε συγχρονισμό με ένα εξωτερικό σήμα ρολογιού.
 - Η cpu στέλνει τη διεύθυνση στη RAM.
 - Η RAM βρίσκει τα δεδομένα ύστερα από κάποιο προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.
 - Τα δεδομένα βρίσκονται στο δίαυλο δεδομένων ύστερα από το χρονικό διάστημα. Ο επεξεργαστής μπορεί να κάνει κάτι άλλο μέχρι να έρθουν τα δεδομένα.
- Υποστηρίζεται η δυνατότητα burst (*ριπής*), δηλαδή συνεχόμενα blocks δεδομένων.
- Υπάρχει και η DDR (*double data rate*) SDRAM.
 - Στέλνει δεδομένα σε rising & falling edge.



Εσωτερική οργάνωση μνήμης SDRAM IBM 64 Mb



- Cs:** chip select
- RAS:** raw address strobe
- CAS:** Column address strobe
- WE:** write enable
- CLK:** clock
- CKE:** Clock enable
- A?:** address
- D?:** data

CAC= Column address counter
 MR = Mode register
 RC = Refresh counter



Χρονισμός ανάγνωσης της SDRAM (ανάγνωση ριπής)

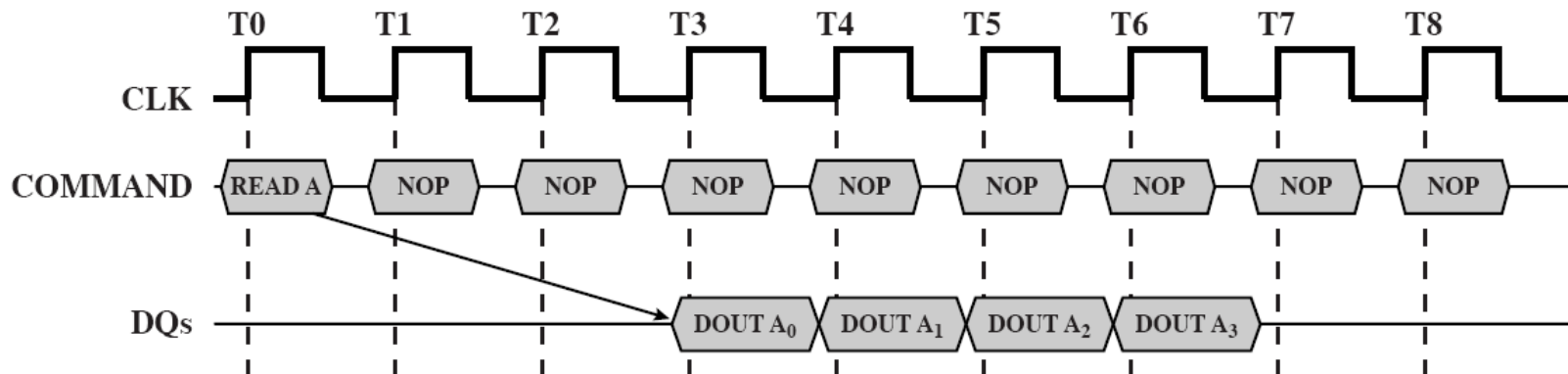


Figure 5.13 SDRAM Read Timing (Burst Length = 4, $\overline{\text{CAS}}$ latency = 2)

Κατά την ανάγνωση ριπής, η CPU στέλνει μια μόνο διεύθυνση και το μέγεθος των δεδομένων για ανάγνωση, και η RAM ξεκινώντας από τη συγκεκριμένη διεύθυνση, επιστρέφει όλα τα δεδομένα συνεχόμενα. Είναι πολύ γρήγορη μεταφορά δεδομένων από τη RAM προς τη CPU.



Χρονισμοί DDR

- Κάποια motherboards επιτρέπουν να ρυθμίσουν τις μνήμες με 4 παραμέτρους, όπως 2,2,2,5
- Αυτά αντιστοιχούν στα:
 - SDRAM Active Precharge Delay=2
 - SDRAM to CAS=2
 - SDRAM Precharge Delay=2
 - SDRAM CAS Latency=5
- Κάθε μνήμη απαιτεί τις δικές της ρυθμίσεις.
- Αν δώσουμε χαμηλότερες ρυθμίσεις από ότι πρέπει τότε θα λειτουργεί πιο γρήγορα, αλλά μπορεί να μη λειτουργεί σωστά.



Ρυθμίσεις BIOS για χρονισμό μνήμης

Phoenix - AwardBIOS CMOS Setup Utility			
Memory Timing Setting			
Parameters	Setting	Current Value	Item Help
Memory Timing Setting	[Expert]		Menu Level >>>>
tCL (CAS Latency)	[Auto(5)]	5	Select [Expert] to enter timings manually
tRCD	[Auto(5)]	5	
tRP	[Auto(5)]	5	
tRAS	[15]	15	
Command Per Clock (CMD)	[Auto(2T)]	2T	
** Advanced Memory Settings **			
tRRD	[Auto(4)]	4	
tRC	[Auto(30)]	30	
tWR	[Auto(6)]	6	
tWTR	[Auto(10)]	10	
tREF	[Auto]	7.8uS	

↑↓→←:Move Enter:Select +/-/PU/PD:Value F10:Save ESC:Exit F1:General Help
F5:Previous Values F7: Defaults



Αναφορά των χρονισμών από το CPU-Z (1/2)

Z CPU-Z

CPU | Caches | Mainboard | **Memory** | SPD | Graphics | About

General

Type: **DDR** Channels #:

Size: **1024 MBytes** DC Mode:

NB Frequency:

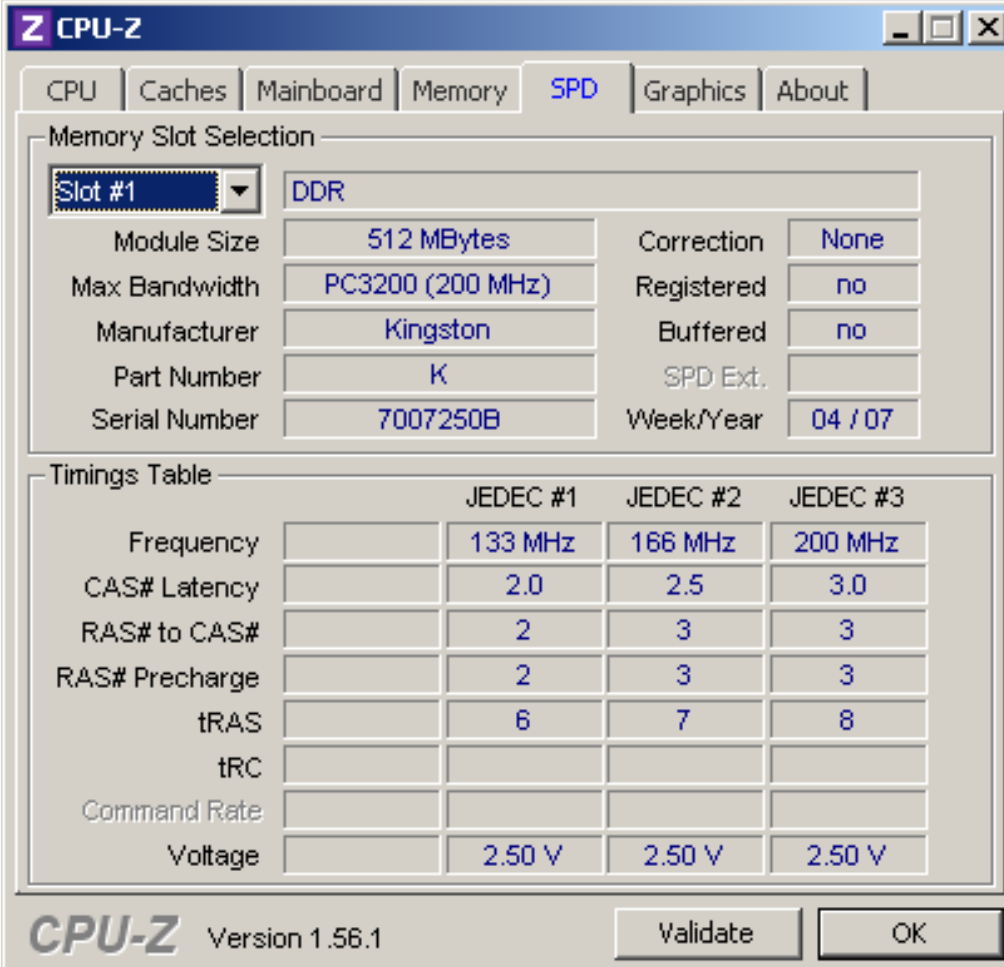
Timings

DRAM Frequency	133.3 MHz
FSB:DRAM	1:1
CAS# Latency (CL)	2.0 clocks
RAS# to CAS# Delay (tRCD)	3 clocks
RAS# Precharge (tRP)	3 clocks
Cycle Time (tRAS)	6 clocks
Bank Cycle Time (tRC)	<input type="text"/>
Command Rate (CR)	<input type="text"/>
DRAM Idle Timer	<input type="text"/>
Total CAS# (tRDRAM)	<input type="text"/>
Row To Column (tRCD)	<input type="text"/>

CPU-Z Version 1.56.1



Αναφορά των χρονισμών από το CPU-Z (2/2)



The screenshot shows the CPU-Z application window with the SPD tab selected. The 'Memory Slot Selection' section shows Slot #1 with the following details:

Module Size	512 MBytes	Correction	None
Max Bandwidth	PC3200 (200 MHz)	Registered	no
Manufacturer	Kingston	Buffered	no
Part Number	K	SPD Ext.	
Serial Number	7007250B	Week/Year	04 / 07

The 'Timings Table' section shows the following data:

	JEDEC #1	JEDEC #2	JEDEC #3
Frequency	133 MHz	166 MHz	200 MHz
CAS# Latency	2.0	2.5	3.0
RAS# to CAS#	2	3	3
RAS# Precharge	2	3	3
tRAS	6	7	8
tRC			
Command Rate			
Voltage	2.50 V	2.50 V	2.50 V

At the bottom of the window, it displays 'CPU-Z Version 1.56.1' and buttons for 'Validate' and 'OK'.



Η μνήμη RAMBUS

- Υιοθετήθηκε από την Intel για το Pentium & Itanium.
- Ανταγωνιστής της SDRAM.
- Όλοι οι ακροδέκτες σε μια σειρά.
- 28 ακροδέκτες (*1.6GBps*).
- Ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς.
- Ακριβή μνήμη.
- Η εταιρία RAMBUS ανέπτυξε και πουλάει τη XDR RAM που χρησιμοποιείται στο PSP 3 (*400Mhz, 230GBps*).



Η εξωτερική μνήμη



Εξωτερικά μέσα αποθήκευσης

- Μαγνητικοί Δίσκοι:
 - RAID.
 - Αφαιρούμενοι δίσκοι.
- Ηλεκτρονικοί Δίσκοι (*flash, SSD*).
- Οπτικοί Δίσκοι:
 - CD-ROM.
 - CD-Recordable (*CD-R*).
 - CD-RW.
 - DVD.
 - Blueraγ.
- Μαγνητικές ταινίες.



Μαγνητικοί δίσκοι

- Οι μαγνητικοί δίσκοι είναι το θεμέλιο της εξωτερικής μνήμης σε ουσιαστικά όλα τα συστήματα υπολογιστών.
- Αποτελείται από ένα κυκλικό δίσκο μη μαγνητικού υλικού που ονομάζεται υπόστρωμα.
- Επικαλύπτεται με ένα υλικό που μπορεί να μαγνητιστεί.



Το υπόστρωμα των μαγνητικών δίσκων

- Το υπόστρωμα μπορεί να είναι:
 - Αλουμίνιο.
 - Γυαλί και κεραμικό.
 - ✓ Βελτίωση της ομοιομορφίας του μαγνητικού επιστρώματος.
 - ✓ Μείωση στα συνολικά ελαττώματα της επιφάνειας.
 - ✓ Υποστήριξη μικρότερου διακένου κεφαλής δίσκου.
 - ✓ Καλύτερη ακαμψία για τη μείωση δυναμικής καταπόνησης του δίσκου.
 - ✓ Καλύτερη ανθεκτικότητα σε δόνηση και γενικά βλάβη.



Ανάγνωση και εγγραφή δίσκων

- Τα δεδομένα εγγράφονται και διαβάζονται μέσω ενός πηνίου που ονομάζεται κεφαλή.
- Μπορεί να υπάρχει μια κεφαλή και για ανάγνωση εγγραφή (π.χ. *Floppy disks*) ή 2 κεφαλές (*hard disks*).
- Κατά τη μεταφορά δεδομένων η κεφαλή είναι σταθερή και ο δίσκος γυρίζει.



Εγγραφή & ανάγνωση δεδομένων

Εγγραφή

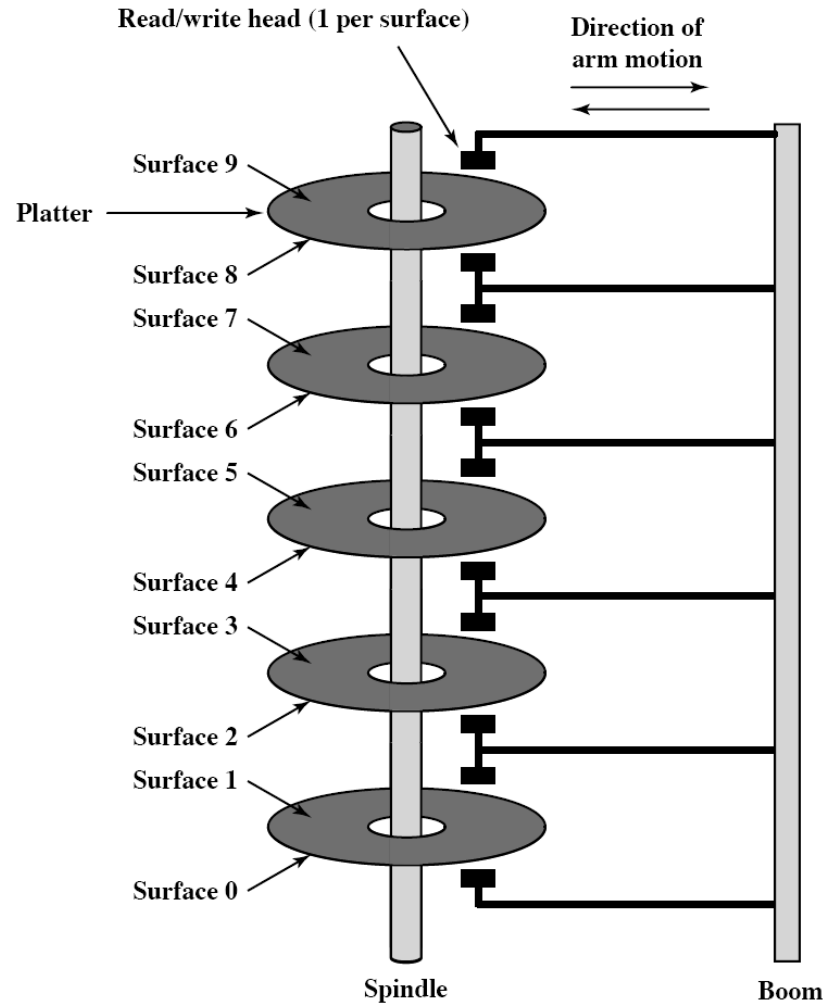
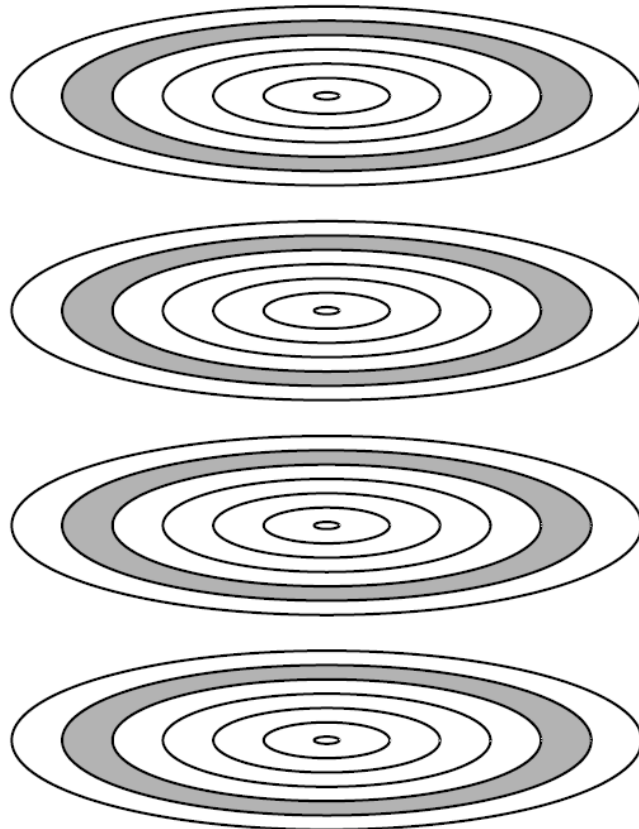
- Ρεύμα διαρρέει το πηνίο εγγραφής και δημιουργεί μαγνητικό πεδίο.
- Στην κεφαλή εγγραφής αποστέλλονται παλμοί.
- Οι παλμοί διαμορφώνουν το μαγνητικό στρώμα.

Ανάγνωση

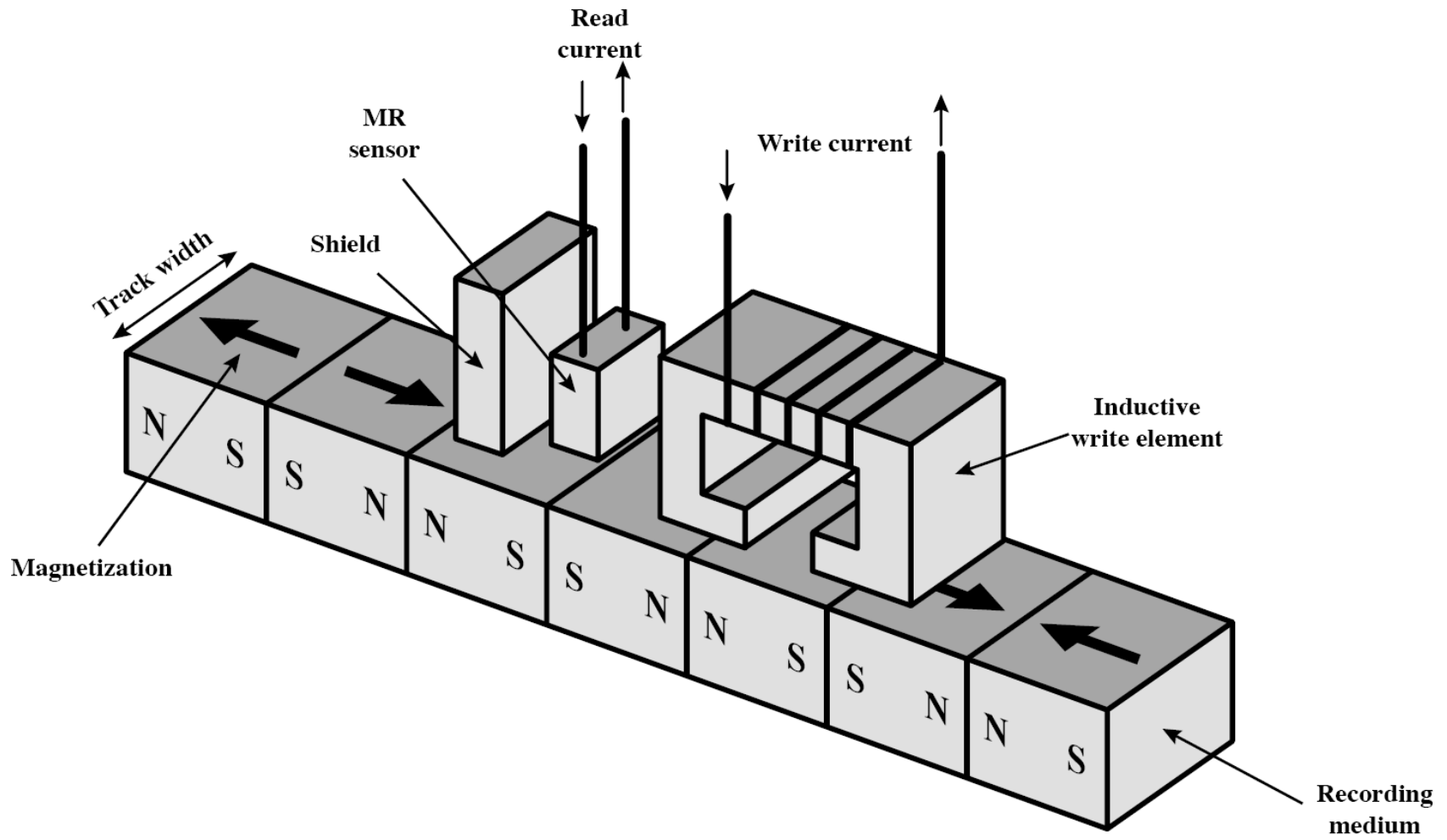
- Ο αισθητήρας αντιλαμβάνεται τη μαγνητική πόλωση ως διαφορά στην ηλεκτρική αντίσταση.
- Η κεφαλή ανάγνωσης πιο κοντά στην επιφάνεια από ότι η κεφαλή εγγραφής.



Οι σκληροί δίσκοι έχουν πολλαπλές επιφάνειες



Κεφαλές εγγραφής & ανάγνωσης

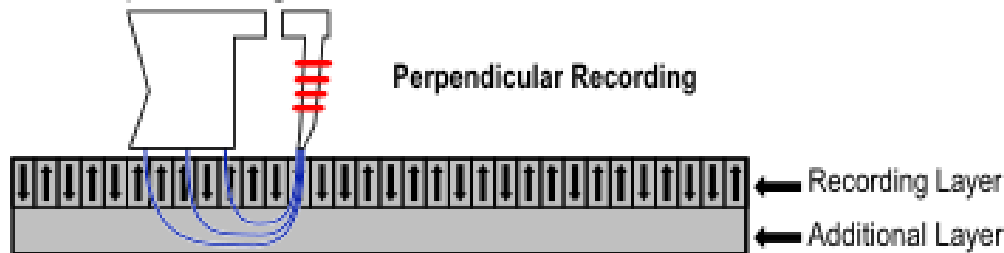


Βελτίωση της αποθήκευσης

"Ring" writing element



"Monopole" writing element



@2005

Χρήση της κατακόρυφης πόλωσης για επίτευξη ακόμη μεγαλύτερης χωρητικότητας στους δίσκους.

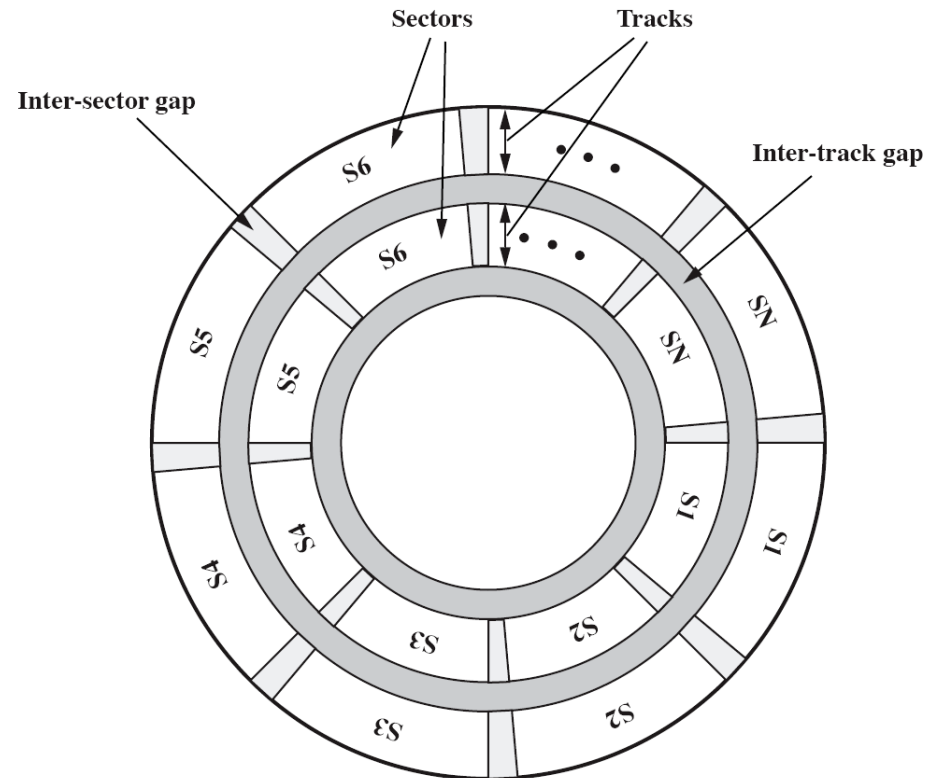
Επιτρέπει 800-900Gb/in²

Ο κλασικός τρόπος πόλωσης επιτρέπει 600 Gb/in²



Οργάνωση και μορφοποίηση δεδομένων

- Ομόκεντροι δακτυλίου (*tracks*).
- Κάθε track έχει το ίδιο πλάτος με εκείνο της κεφαλής.
- Τα track αποτελούνται από sector (*512Byte*).
- Υπάρχουν διάκενα για συγχρονισμό.

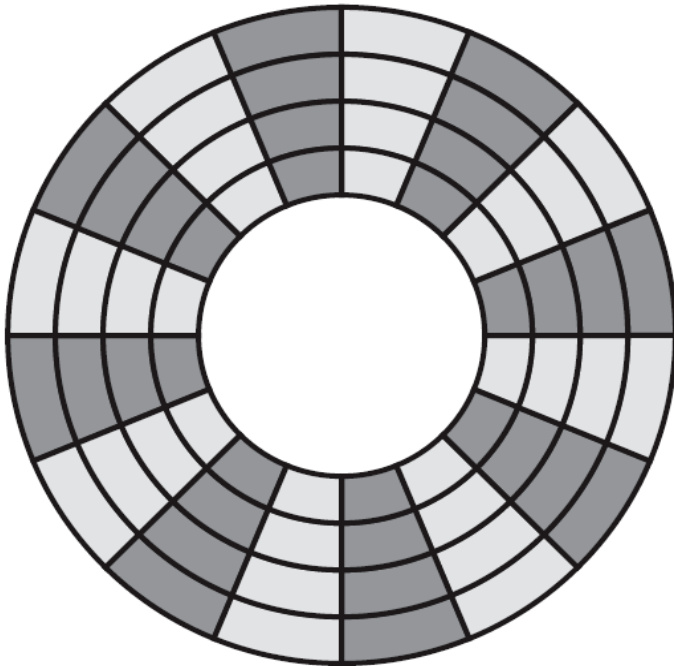


Οι 2 ταχύτητες

- Οι δίσκοι (μαγνητικοί+οπτικοί) μπορούν να έχουν 2 ειδών ταχύτητες:
- Σταθερή γωνιακή ταχύτητα (*constant angular velocity, CAV*).
 - Οι sector κοντά στο κέντρο έχουν μεγαλύτερη γραμμική ταχύτητα.
 - Ένα bit στην εξωτερική επιφάνεια, περνάει πιο γρήγορα από ότι ένα bit στο κέντρο.
- Σταθερή γραμμική ταχύτητα (*constant linear velocity*).
 - Όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο, η ταχύτητα περιστροφής αυξάνει.

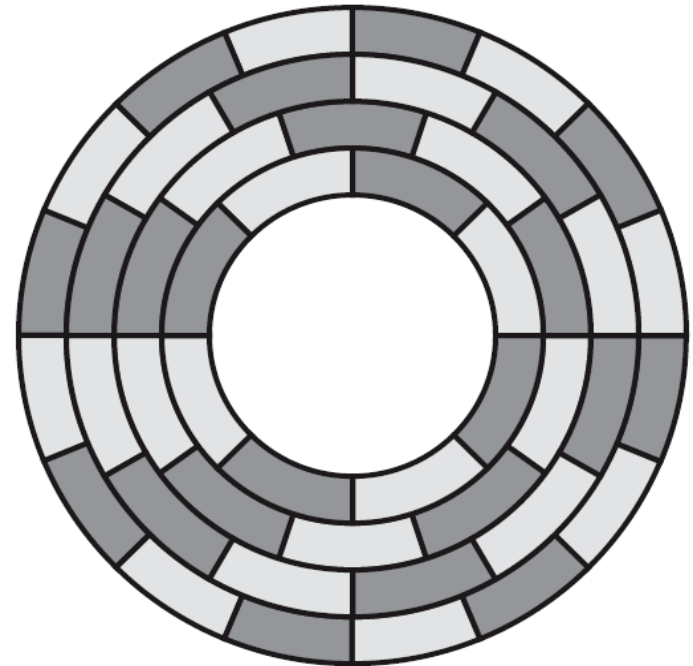


Υπάρχουν 2 τεχνικές



(a) Constant angular velocity

- + Εύκολη διευθυνσιοδότηση με αριθμός tracks, sectors
- Δεν είναι αποτελεσματική η χρήση (χάνονται χρήσιμα bits).



(b) Multiple zoned recording

- Πολύπλοκη διευθυνσιοδότηση.
- + Εκμετάλλευση των περισσότερων bit στους εξωτερικούς δακτυλίους.



Μορφοποίηση δίσκου

- Κατά τη μορφοποίηση του δίσκου (*format*) τοποθετούνται πάνω στο δίσκο:

(600Byte:)

- Το διάκενο.
- Το ID του τομέα.
 - Byte Sync
 - CRC
 - Track Nr
 - Sector Nr
- Τα δεδομένα (αρχικά τιμή 0) 512Byte.



Ποιες είναι οι κατηγοριοποιήσεις των δίσκων; (1/2)

- Κινήσεις κεφαλής:
 - Σταθερή κεφαλή (*ένα ανά κομμάτι*).
 - Κινητή κεφαλή (*ένα ανά επιφάνεια*).
- Μεταφορά δίσκου:
 - Μη αφαιρούμενος δίσκος.
 - Αφαιρούμενος δίσκος.
- Πλευρά:
 - Μονής όψεως.
 - Διπλής όψεως.



Ποιες είναι οι κατηγοριοποιήσεις των δίσκων; (2/2)

- Πιατέλες:
 - Μονή πιατέλα.
 - Πολλαπλή πιατέλα.
- Μηχανισμός κεφαλής:
 - Επαφή (δισκέτα).
 - Σταθερό διάκενο.
 - Αεροδυναμικό κενό (*Winchester*).

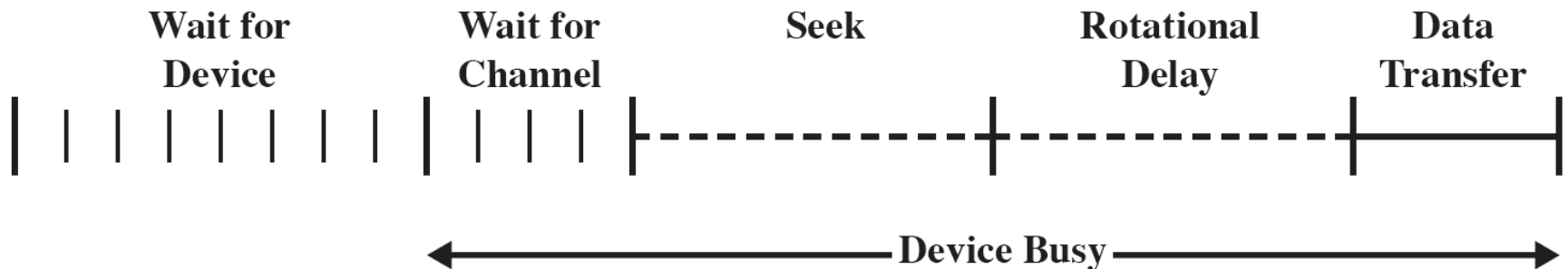


Τι ισχύει για τους διάφορους χρόνους πρόσβασης δίσκων; (1/2)

- Η απόδοση του δίσκου εξαρτάται από το I/O, το σύστημα, το λειτουργικό σύστημα και τον ελεγκτή.
- **[A] Χρόνος αναζήτησης (*seek time*)**
 - Ο χρόνος για την τοποθέτηση της κεφαλής στο αρχή του επιθυμητού sector + ο αρχικός χρόνος εκκίνησης.
- **[B] Καθυστέρηση λόγω περιστροφής**
 - Η κεφαλή βρίσκει το track και περιμένει μέχρι να έρθει το κατάλληλο sector κατά την περιστροφή από κάτω (καθυστέρηση λόγω περιστροφής).
- Χρόνος πρόσβασής= [A] + [B].
- Υπάρχει και η καθυστέρηση στην ουρά I/O.



Τι ισχύει για τους διάφορους χρόνους πρόσβασης δίσκων; (2/2)



Solid State Disk (1/3)

- Χρησιμοποιεί solid-state μνήμη (*micro-chip*).
- Δεν έχει μηχανικά μέρη.
- Μη πτητική μνήμη.
- Δεν επηρεάζονται από φυσικό σοκ.



Solid State Disk (2/3)

- Χρησιμοποιεί την ίδια διεπαφή με τους δίσκους, και μπορεί να τους αντικαταστήσει.
- Χαμηλούς χρόνους πρόσβασης.
- Χωρίς θόρυβο.
- Χρησιμοποιεί μνήμη τύπου NAND flash.



Solid State Disk (3/3)

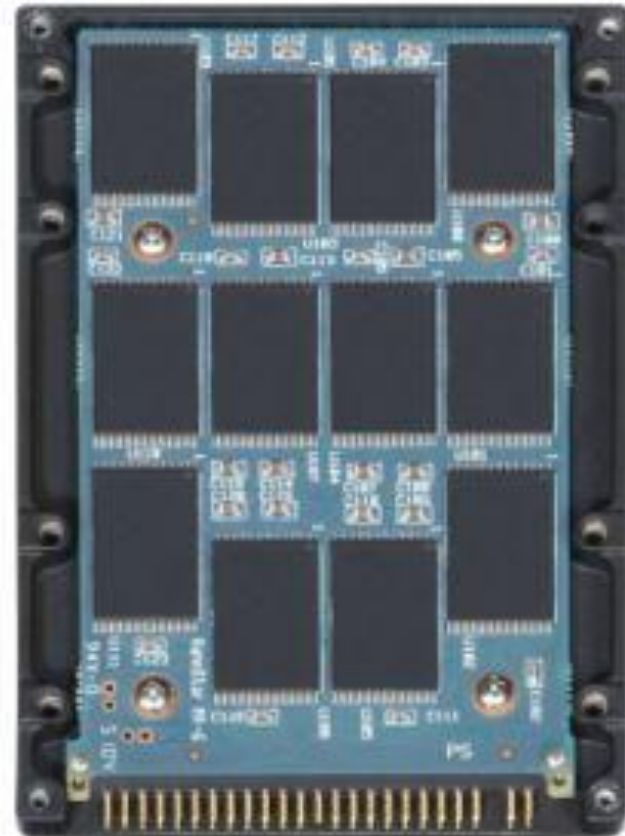
- Κάθε οδηγός SSD έχει ειδικό ελεγκτή που γεφυρώνει τα chip με τη διεπαφή δίσκου.
- Κάποιες από τις λειτουργίες του ελεγκτή είναι:
 - Διόρθωση λαθών.
 - Τεχνική “wear leveling”, ώστε να μη γράφονται και διαγράφονται συνεχώς τα ίδια κομμάτια, αλλά να γίνεται ισοκατανομή σε όλο το μέσο.
 - Αντιστοίχιση κατεστραμμένων τμημάτων σε αναπληρωματικά.
 - Caching.
 - Κρυπτογράφηση.
 - Διόρθωση λαθών με parity bit.



Δίσκοι 2 τεχνολογιών



Traditional hard disk drive



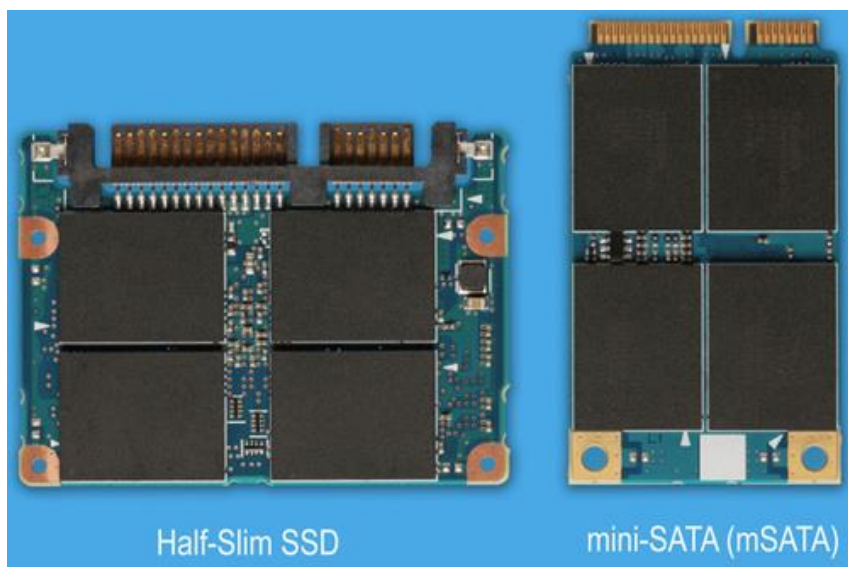
Solid state hard drive

Υπάρχει και το mSATA

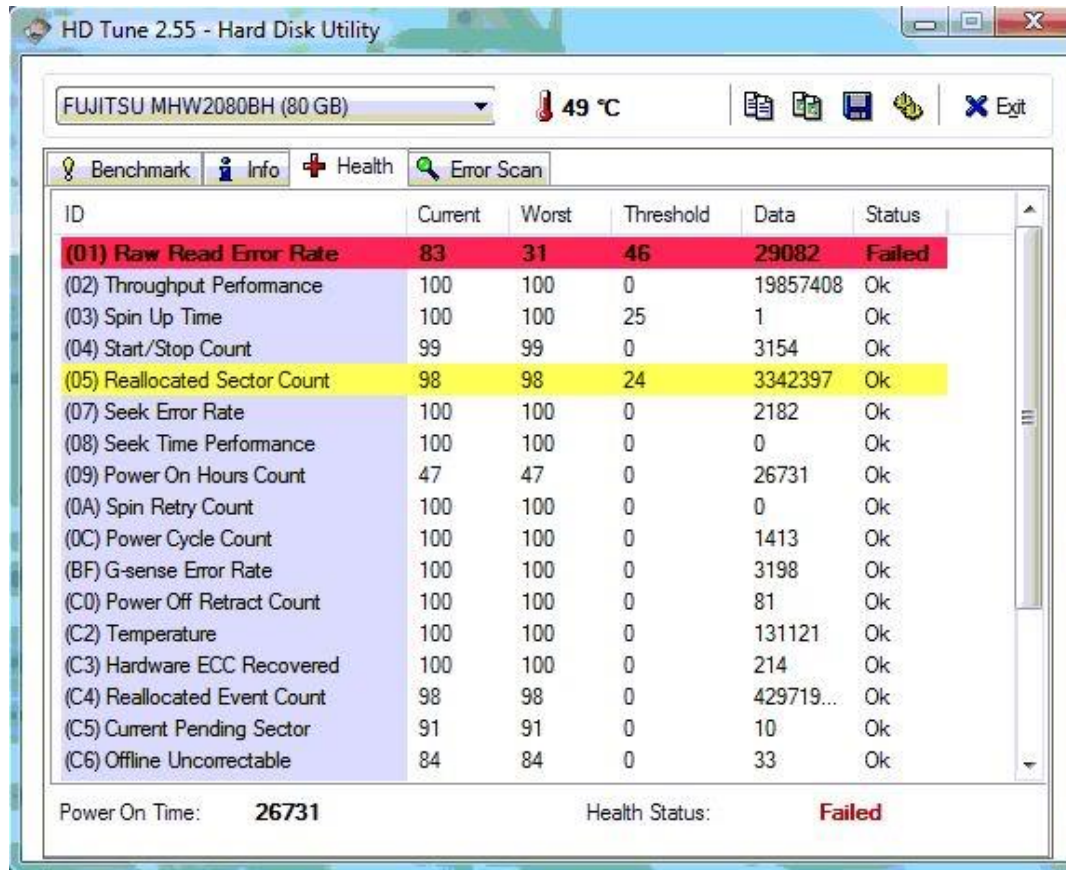


An mSATA SSD on top of a 2.5 inch SATA drive.

- Mini-SATA παρουσιάστηκε από την Serial ATA τον Διεθνή Οργανισμό στις 21 Σεπτεμβρίου 2009.
- Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν netbooks και άλλες συσκευές όπου απαιτούν μικρότερη μονάδα στερεάς κατάστασης.
- Η mSATA δεν χρησιμοποιεί το πρότυπο γιατί δεν έχει την κατάλληλη υποστήριξη για να λειτουργήσει σωστά. Δεν υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον ούτε ιδιαίτερη ευαισθητοποίηση για το δυναμικό mSATA .



Self Monitoring, Analysis & Reporting Technology (*Smart*)



HD Tune 2.55 - Hard Disk Utility

FUJITSU MHW2080BH (80 GB) 49 °C

Benchmark Info Health Error Scan

ID	Current	Worst	Threshold	Data	Status
(01) Raw Read Error Rate	83	31	46	29082	Failed
(02) Throughput Performance	100	100	0	19857408	Ok
(03) Spin Up Time	100	100	25	1	Ok
(04) Start/Stop Count	99	99	0	3154	Ok
(05) Reallocated Sector Count	98	98	24	3342397	Ok
(07) Seek Error Rate	100	100	0	2182	Ok
(08) Seek Time Performance	100	100	0	0	Ok
(09) Power On Hours Count	47	47	0	26731	Ok
(0A) Spin Retry Count	100	100	0	0	Ok
(0C) Power Cycle Count	100	100	0	1413	Ok
(BF) G-sense Error Rate	100	100	0	3198	Ok
(C0) Power Off Retract Count	100	100	0	81	Ok
(C2) Temperature	100	100	0	131121	Ok
(C3) Hardware ECC Recovered	100	100	0	214	Ok
(C4) Reallocated Event Count	98	98	0	429719...	Ok
(C5) Current Pending Sector	91	91	0	10	Ok
(C6) Offline Uncorrectable	84	84	0	33	Ok

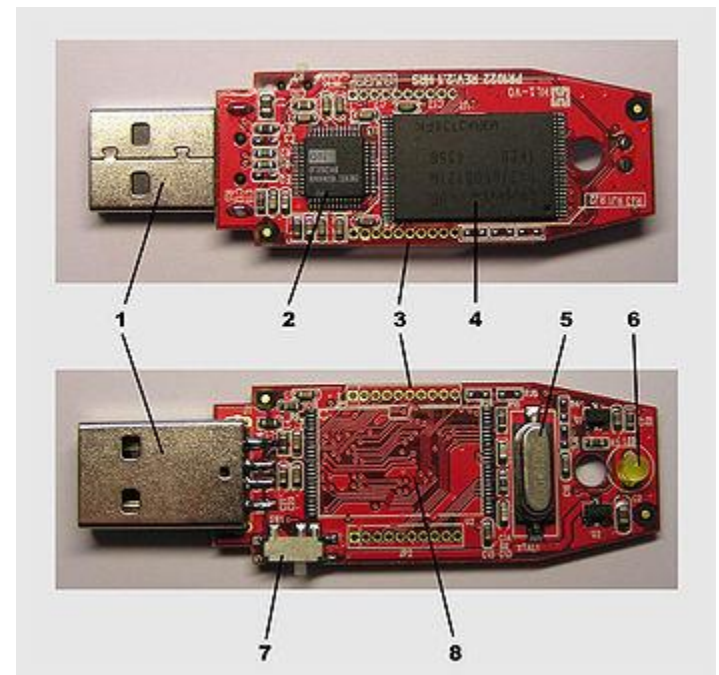
Power On Time: 26731 Health Status: Failed

Ειδικό **firmware** που υπάρχει σε κάθε δίσκο και παρακολουθεί την κατάσταση. Βοηθάει στη διάγνωση προβλημάτων.



USB Flash Drive (1/2)

- Δημιουργήθηκε το 2000.
- Χρησιμοποιείται αντί για το floppy ή το CD-ROM.
- Μη πτητική μνήμη.
- Δεν υπάρχουν μηχανικά μέρη.



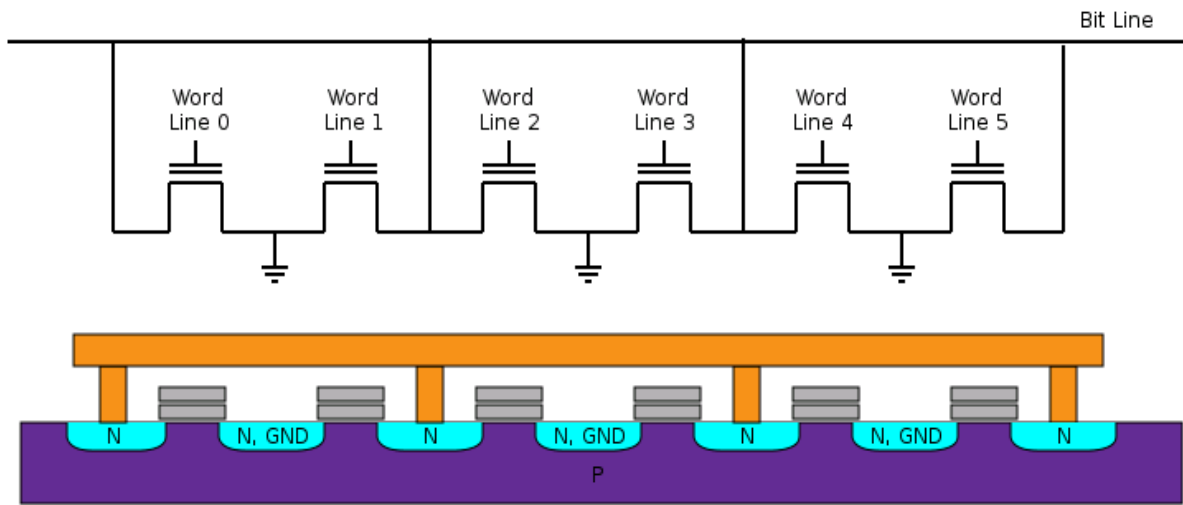
USB Flash Drive (2/2)

- Ονομάζεται drive γιατί έχει ακριβώς την ίδια λειτουργία με τα floppy drive ή cd-rom drive.
- Χρησιμοποιεί NAND Flash memory.
- 100.000 επανεγγραφές.
- Χαμηλή κατανάλωση.



NOR Flash

(*χρήση floating gate transistors*)



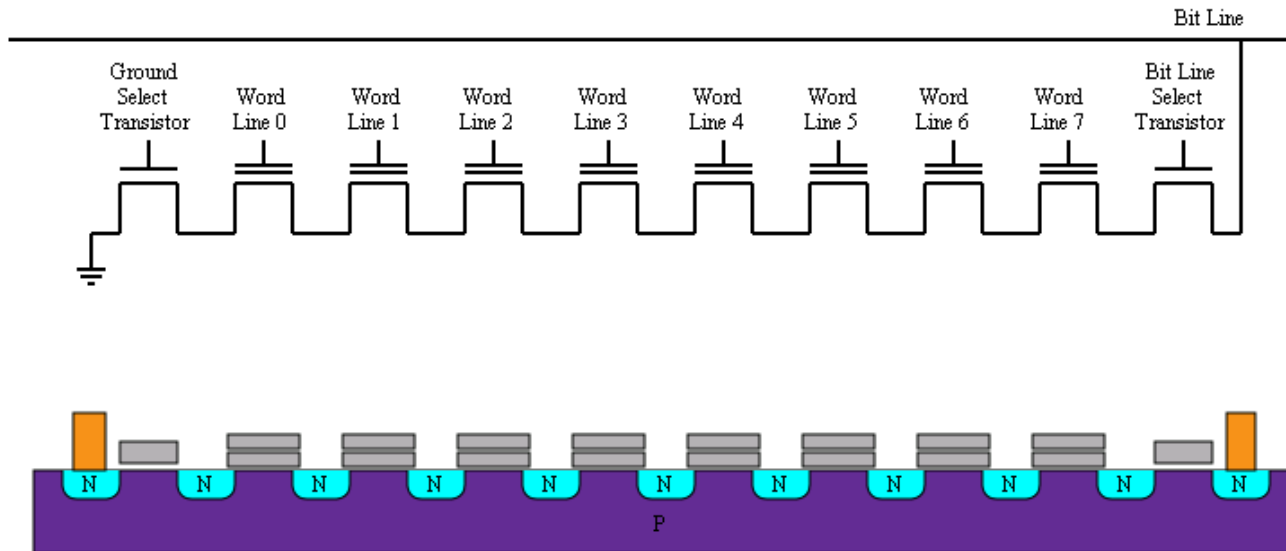
NOR Flash

κάθε τρανζίστορ συνδέεται από τη μια με τη γείωση και από την άλλη με τη bitline, μεγαλύτερο κόστος, πιο γρήγορη.



NAND Flash

(*χρήση floating gate transistors*)

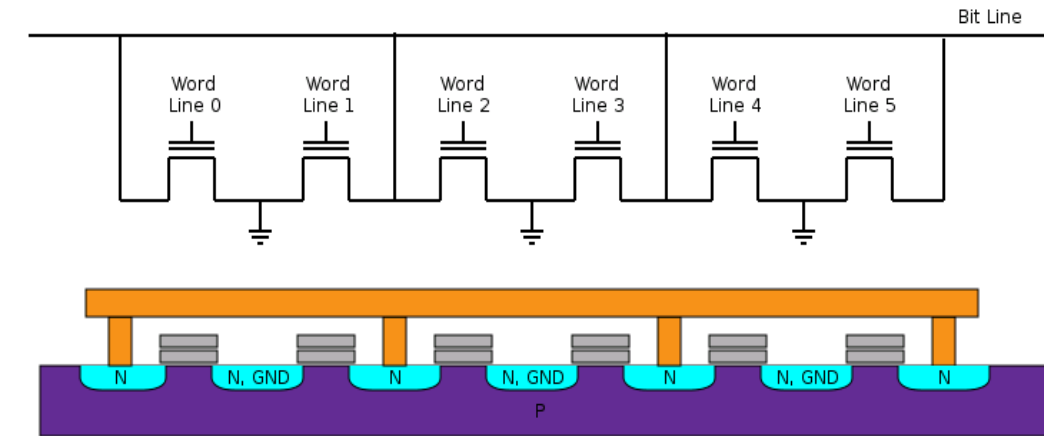


NAND Flash

μικρότερο κόστος,
σύνδεση σε σειρά,
πιο αργή.

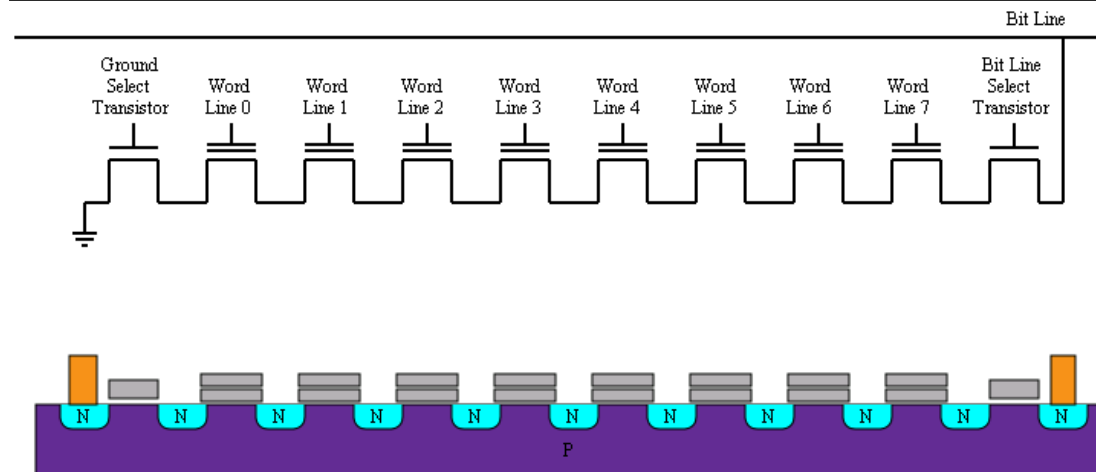


NAND/NOR Flash



- NOR Flash

κάθε τρανζίστορ συνδέεται από τη μια με τη γείωση και από την άλλη με τη bitline, μεγαλύτερο κόστος, πιο γρήγορη.



- NAND Flash

μικρότερο κόστος, σύνδεση σε σειρά, πιο αργή.



USB Flash Drive - Προβλήματα

- Περιορισμένο αριθμό εγγραφών. Επιβάλλεται η χρήση ειδικών τεχνολογιών για να μη γίνονται πολλές εγγραφές αν χρησιμοποιείται για το ίδιο το λειτουργικό σύστημα (*live linux USB*).
- Τα περισσότερα usb flash δεν έχουν ένα μηχανισμό προστασίας εγγραφής.
- Χάνονται εύκολα επειδή είναι μικρά σε μέγεθος.
- Είναι ακριβά ανά GB.
- Πρόβλημα ασφαλείας για οργανισμούς που έχουν ευαίσθητα δεδομένα.



Iomega ZIP Drive

- 1994-2003.
- @2006, το PC World ανέφερε ότι ήταν η 15η χειρότερη τεχνολογία όλων των εποχών.
- Φορητό μέσο αποθήκευσης.
- 100MB, 250MB, 750MB.
- Δε μπόρεσε ποτέ να συναγωνιστεί τα φθηνά CD και αργότερα τα USB Flash Drives.
- Μόνο ένα δίσκο.
- Ίδιο μέγεθος με δισκέτα,
- αλλά πιο κοντά τα bit.



Iomega Jazz Drive

- 1995-2005.
- Φορητό μέσο αποθήκευσης.
- 1 GB δισκέτες.
- Χρησιμοποιούσε 2 δίσκους (4 επιφάνειες).
- 5000 RPMs.
- Ακριβό κόστος ανά MB.



Βελτίωση των δίσκων με RAID

- Redundant Array of Independent Disks.
- Redundant Array of Inexpensive Disks.
- 7 επίπεδα από 0 έως και 6 (όχι ιεραρχικά).
- Χρησιμοποιούνται δίσκοι σε παράλληλη συστοιχία.
- Πολλαπλές I/O έχουν καλύτερη εξυπηρέτηση αν κάθε μια αφορά άλλο δίσκο.
- Μια I/O έχει καλύτερη εξυπηρέτηση αν τα δεδομένα είναι σε πολλαπλούς δίσκους.
- Μπορεί να υπάρχει πλεονάζουσα πληροφορία για την αύξηση της αξιοπιστίας.



Ποια είναι τα κοινά χαρακτηριστικά του RAID;

- Μια ομάδα φυσικών δίσκων (παραπάνω από 1).
- Όλα φαίνονται στο λειτουργικό σύστημα ως ένας λογικός δίσκος.
- Τα δεδομένα κατανέμονται μεταξύ των φυσικών δίσκων μιας συστοιχίας.
- Μπορεί να αποθηκευτεί και πληροφορία ισοτιμίας για την ανακτησιμότητα των δεδομένων σε περίπτωση βλάβης του δίσκου.



Κεντρική Ιδέα RAID

Η στρατηγική RAID αντικαθιστά τους οδηγούς δίσκων μεγάλης χωρητικότητας **με πολλούς δίσκους μικρότερης χωρητικότητας** και κατανέμει τα δεδομένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την ταυτόχρονη προσπέλαση στα δεδομένα από πολλούς δίσκους, **βελτιώνοντας την απόδοση I/O** και επιτρέποντας ευκολότερες αυξήσεις στη χωρητικότητα.

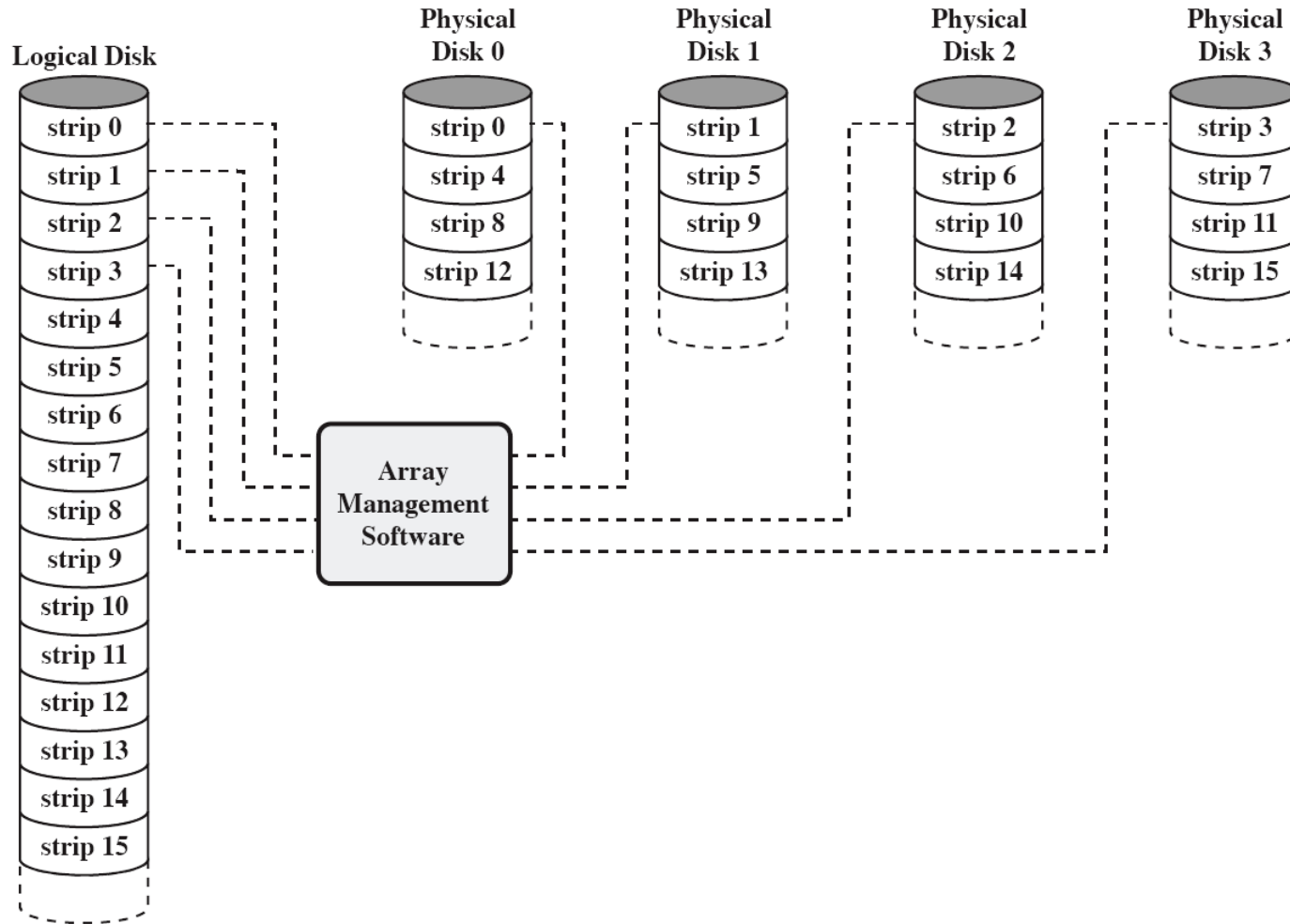


RAID 0 (1/2)

- Καθόλου πλεονάζουσα πληροφορία.
- Τα δεδομένα ισοκατανέμονται σε όλους τους δίσκους.
- Χρησιμοποιείται η εκ-περιτροπής (*round-robin*) αποθήκευση.
- Αύξηση των επιδόσεων:
 - Πολλαπλές I/O πιθανόν να χρειάζονται δεδομένα σε διαφορετικούς δίσκους→παράλληλη πρόσβαση.
 - Μια ομάδα δεδομένων μπορεί να βρίσκεται σε πολλαπλούς δίσκους→αύξηση του I/O.
 - Οι δίσκοι βρίσκουν τους sectors παράλληλα.



RAID 0 (2/2)



RAID 1 (1/3)

- Κατοπτρισμός (*mirroring*) των δεδομένων.
- Κάθε λογική ακολουθία δεδομένων (*stripe*) τοποθετείται πάντα σε 2 διαφορετικούς δίσκους.
- Ανάγνωση από το κάθε αντίγραφο.
- Εγγραφή πάντα και στα δύο αντίγραφα (*η απόδοση εγγραφής υπαγορεύεται από την πιο αργή από τις δύο εγγραφές*).

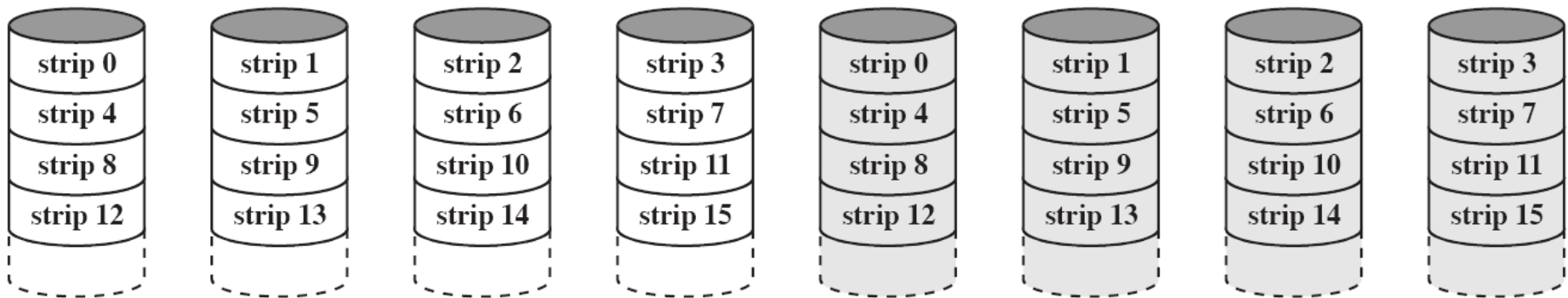


RAID 1 (2/3)

- Σε περίπτωση βλάβης, γίνεται μια αντικατάσταση του χαλασμένου δίσκου και γίνεται επαναδημιουργία του RAID.
- Ακριβής λύση.
Απαιτείται το διπλάσιο του χώρου.
- Χρησιμοποιείται κυρίως για το ΛΣ μόνο.
- Πολύ καλή απόδοση αν χρησιμοποιείται κυρίως για 'αναγνώσεις'.



RAID 1 (3/3)

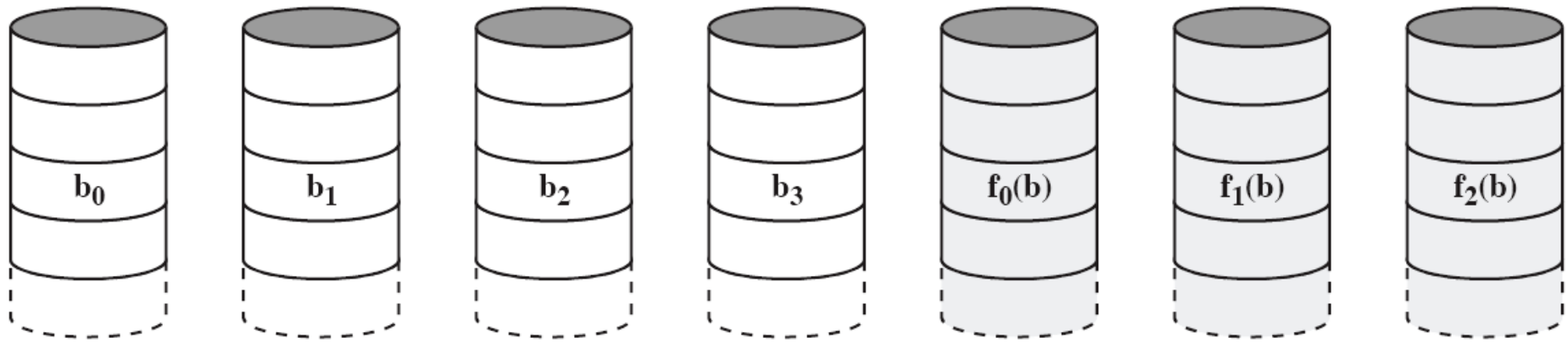


RAID 2 (1/2)

- Όλοι οι δίσκοι συμμετέχουν στην εκτέλεση όλων των απαιτήσεων I/O.
- Τα stripes είναι πολύ μικρά (*byte/words*).
- Υπολογίζονται bit για τον κώδικα διόρθωσης λαθών και αποθηκεύονται σε διαφορετικό δίσκο.
- Πολλαπλή περιττότητα.
- Ακριβή υλοποίηση
(κάθε δίσκος δεδομένων, έχει ένα δίσκο ισοτιμίας).
- Δε χρησιμοποιείται.



RAID 2 (2/2)

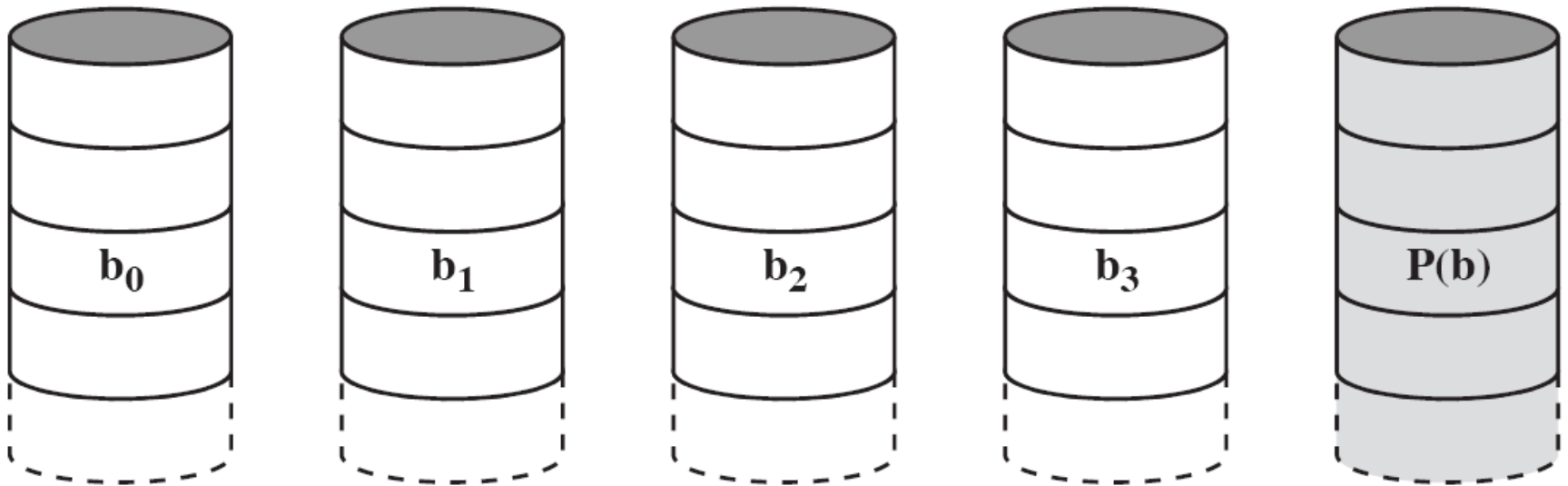


RAID 3 (1/2)

- Παρόμοιο με το RAID 2.
- Απαιτείται μόνο ένας δίσκος ισοτιμίας ανεξαρτήτου του αριθμού των δίσκων δεδομένων.
- Υψηλοί ρυθμοί μεταφοράς I/O.
- Φυλάσσεται ένα parity bit για σετ από bit.
- Αν καταστραφεί ένας δίσκος, γίνεται αντικατάσταση και τα δεδομένα αναδομούνται με τη χρήση της πλεονάζουσας πληροφορίας.
- Parity i-bit: $P(i) = X3(i) \text{ xor } X2(i) \text{ xor } X1(i) \text{ xor } X0(i)$
- Revive: $X1(i) = P(i) \text{ xor } X3(i) \text{ xor } X2(i) \text{ xor } X0(i)$
(σε περίπτωση που καταστραφεί ο X1).



RAID 3 (2/2)

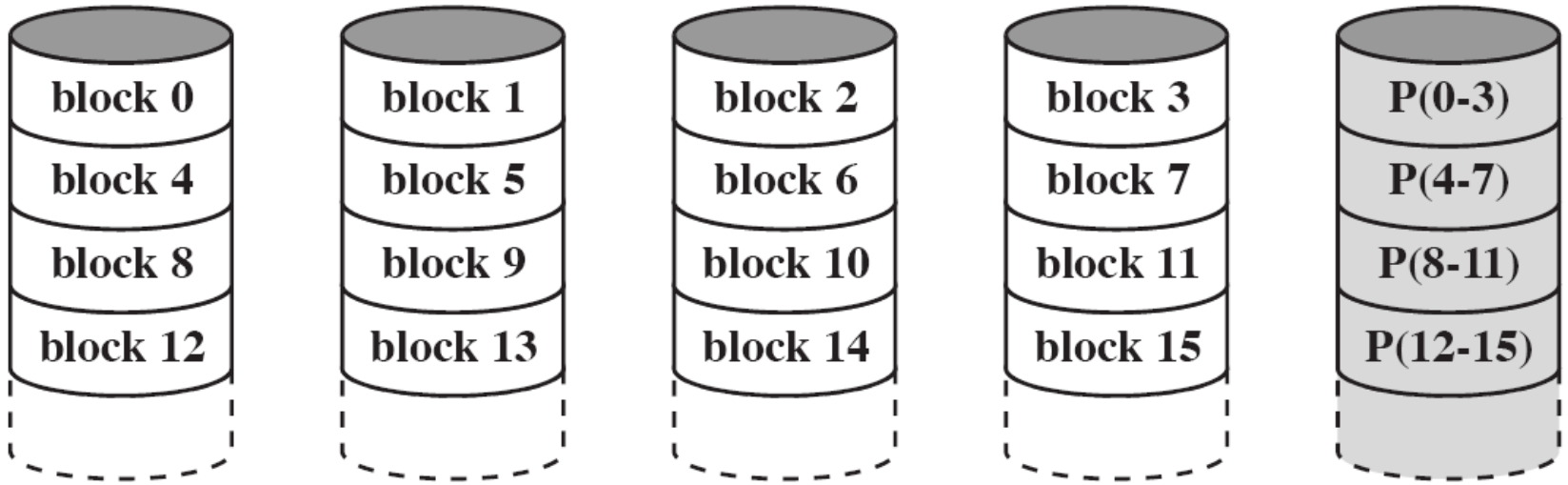


RAID 4 (1/2)

- Κάθε δίσκος λειτουργεί ανεξάρτητα.
- Καλό για υψηλό ρυθμό I/O.
- Μεγάλα stripes.
- Χρησιμοποιείται δίσκος ισοτιμίας.
- Πρέπει σε κάθε εγγραφή να ενημερώνονται τα bit ισοτιμίας. Απαιτούνται δυο αναγνώσεις και δυο εγγραφές, γιατί για να ενημερωθεί πρέπει να διαβαστεί και η παλαιά ακολουθία.
- Ο δίσκος ισοτιμίας μπορεί να αποτελέσει αίτιο συμφόρησης.



RAID 4 (2/2)



$$X4(i) = X0(i) \oplus X1(i) \oplus X2(i) \oplus X3(i)$$

Write on Disk X1:

$$\begin{aligned} X4'(i) &= X0(i) \oplus X1'(i) \oplus X2(i) \oplus X3(i) \\ &= X0(i) \oplus X1'(i) \oplus X2(i) \oplus X3(i) \oplus X1(i) \oplus X1(i) \\ &= X4(i) \oplus X1(i) \oplus X1'(i) \end{aligned}$$



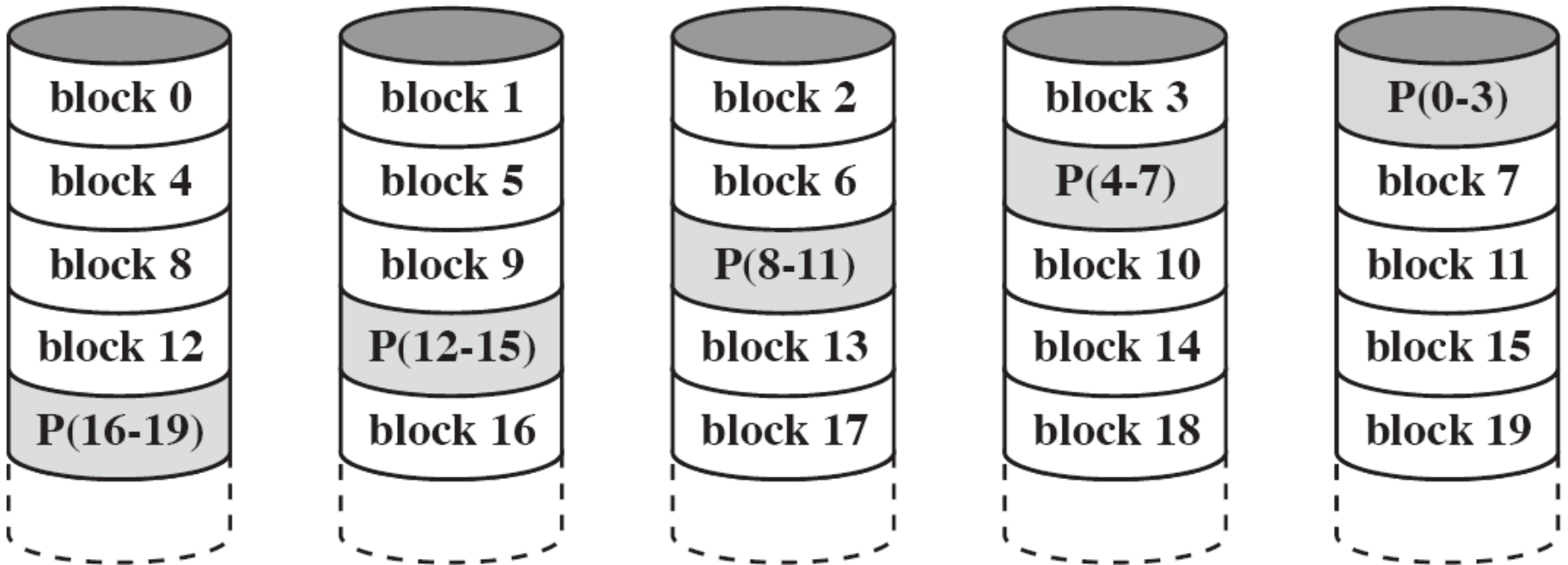
RAID 5 (1/2)

- Παρόμοιο με το RAID 4.
- Τα bit ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων κατανέμονται σε όλους τους δίσκους.
- Χρησιμοποιείται εκ-περιτροπής αποθήκευση.
- Αποφεύγεται το σημείο συμφόρησης του RAID 4.
- Χρησιμοποιείται συχνά στους διακομιστές.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Δε σημαίνει 5 δίσκοι.



RAID 5 (2/2)

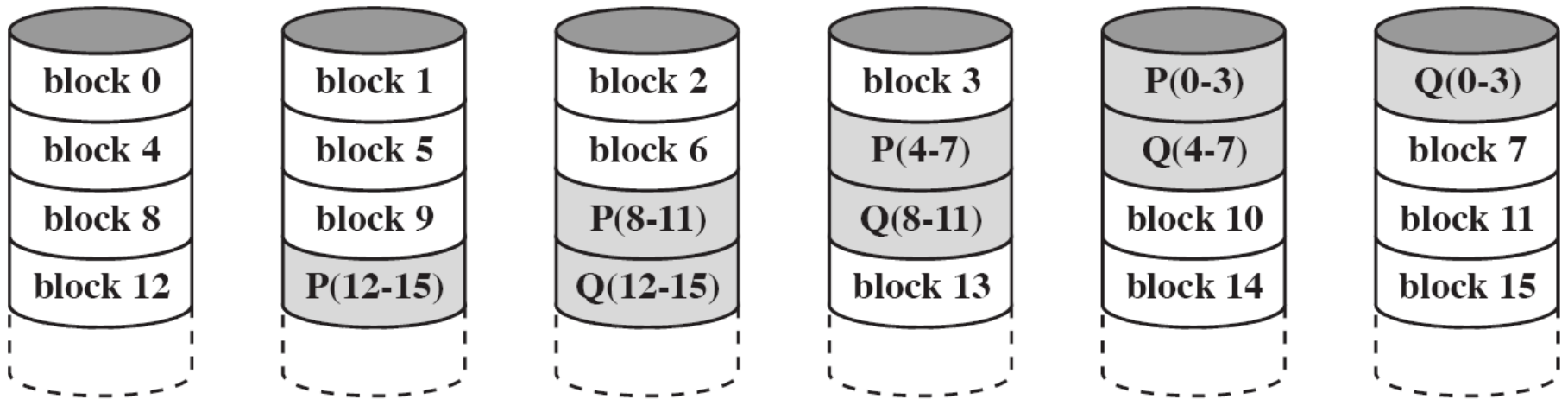


RAID 6 (1/2)

- Χρησιμοποιούνται 2 διαφορετικοί υπολογισμοί ισοτιμίας.
- Αποθηκεύονται σε διαφορετικούς δίσκους.
- Υψηλή διαθεσιμότητα στοιχείων.
- Μπορούν να αποτύχουν 2 δίσκοι και το σύστημα να λειτουργεί χωρίς πρόβλημα.
- Πολύ μεγάλη καθυστέρηση κατά την εγγραφή.



RAID 6 (2/2)



Σύγκριση (1/2)

Category	Level	Description	Disks required	Data availability	Large I/O data transfer capacity	Small I/O request rate
Striping	0	Non redundant	N	Lower than single disk	Very high	Very high for both read and write
Mirroring	1	Mirrored	2N, 3N, etc.	Higher than RAID 2, 3, 4 or 5; lower than RAID 6	Higher than single disk for read; similar to single disk for write.	Up to twice that of a single disk for read; similar to single disk for write.
Parallel access	2	Redundant via hamming code	N + m	Much higher than single disk; comparable to RAID 3, 4 or 5.	Highest of all listed alternatives.	Approximately twice than of a single disk.
	3	Bit-interleaved parity	N + 1	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 4 or 5.	Highest of all listed alternatives.	Approximately twice than of a single disk.
Independent access	4	Block-interleaved parity	N + 1	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3 or 5.	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write.	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than single disk for write.
	5	Block-interleaved distributed parity	N + 1	Much higher than single disk; comparable to RAID 2, 3 or 4.	Similar to RAID 0 for read; lower than single disk for write.	Similar to RAID 0 for read; generally lower than single disk for write.
	6	Block-interleaved dual distributed parity	N + 2	Highest of all listed alternatives.	Similar to RAID 0 for read; lower than RAID 5 for write.	Similar to RAID 0 for read; significantly lower than RAID 5 for write.



Σύγκριση (2/2)

Level	Advantages	Disadvantages	Applications
0	I/O performance is greatly improved by spreading the I/O load across many channels and drives. No parity calculation overhead is involved. Very simple design. Easy to implement.	The failure of just one drive will result in all data in an array being lost.	Video production and editing, image editing, pre-press applications, any application requiring high bandwidth.
1	100% redundancy of data means no rebuild is necessary in case of a disk failure, just a copy to the replacement disk. Under certain circumstances, RAID 1 can sustain multiple simultaneous drive failures. Simplest RAID storage subsystem design.	Highest disk overhead of all RAID types (100%) – inefficient.	Accounting, payroll, financial, any application requiring very high availability.
2	Extremely high data transfer rates possible. The higher the data rate transfer required, the better the ratio of data disks to ECC disks. Relatively simple controller design compared to RAID levels 3,4 & 5.	Very high ratio of ECC disk to data disks with smaller word sizes-inefficient. Entry level cost very high – requires very high transfer rate requirement to justify.	No commercial implementations exist/ not commercially viable.



Hardware/Software RAID

- Η αρχική υλοποίηση του RAID υποστηρίζονταν μόνο από ειδικούς ελεγκτές υλικού (*RAID Controllers*).
- Όταν πρωτοπαρουσιάστηκε (1987) από τον Patterson, οι επεξεργαστές ήταν αρκετά αργοί, και έτσι ήταν μια πολύ καλή λύση (και η μοναδική) για την αύξηση των επιδόσεων.
- Τη σημερινή εποχή, οι επεξεργαστές υποστηρίζουν δεκάδες χιλιάδες MIPS και έτσι πολλές φορές το ίδιο το ΛΣ μπορεί να χρησιμοποιήσει πολλαπλούς δίσκους αποτελεσματικά ως μια ενιαία οντότητα, δημιουργώντας ένα RAID λογισμικού (π.χ. *ZFS, LVM, κτλ*).



Οπτική αποθήκευση

- Το 1983 παρουσιάστηκε ένα από τα πιο επιτυχημένα εμπορικά προϊόντα όλων των εποχών. Το CD.
- Πάνω από 650MB ή 70 λεπτά μουσικής.
- Τα δεδομένα αποθηκεύονται ως μικροσκοπικά ίχνη στην επιφάνεια, ως land και pit.
- Ο δίσκος κατασκευάζεται από ρητίνη.
- Η ανάγνωση γίνεται από laser με αντανάκλαση.
- Χρησιμοποιείται Σταθερή Γραμμική Ταχύτητα.
- Χρησιμοποιείται σταθερή πυκνότητα αποθήκευσης.

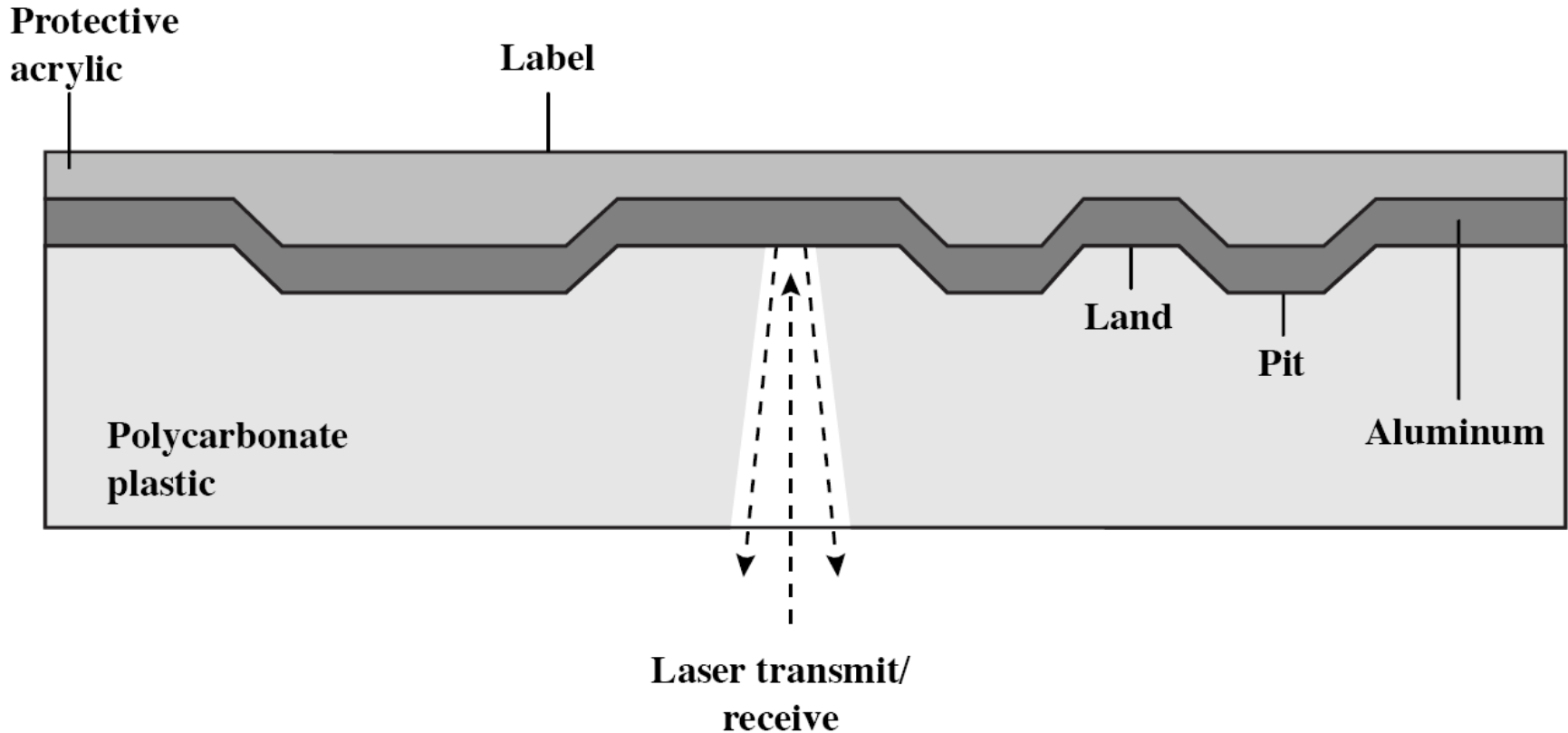


Κατηγορίες CD

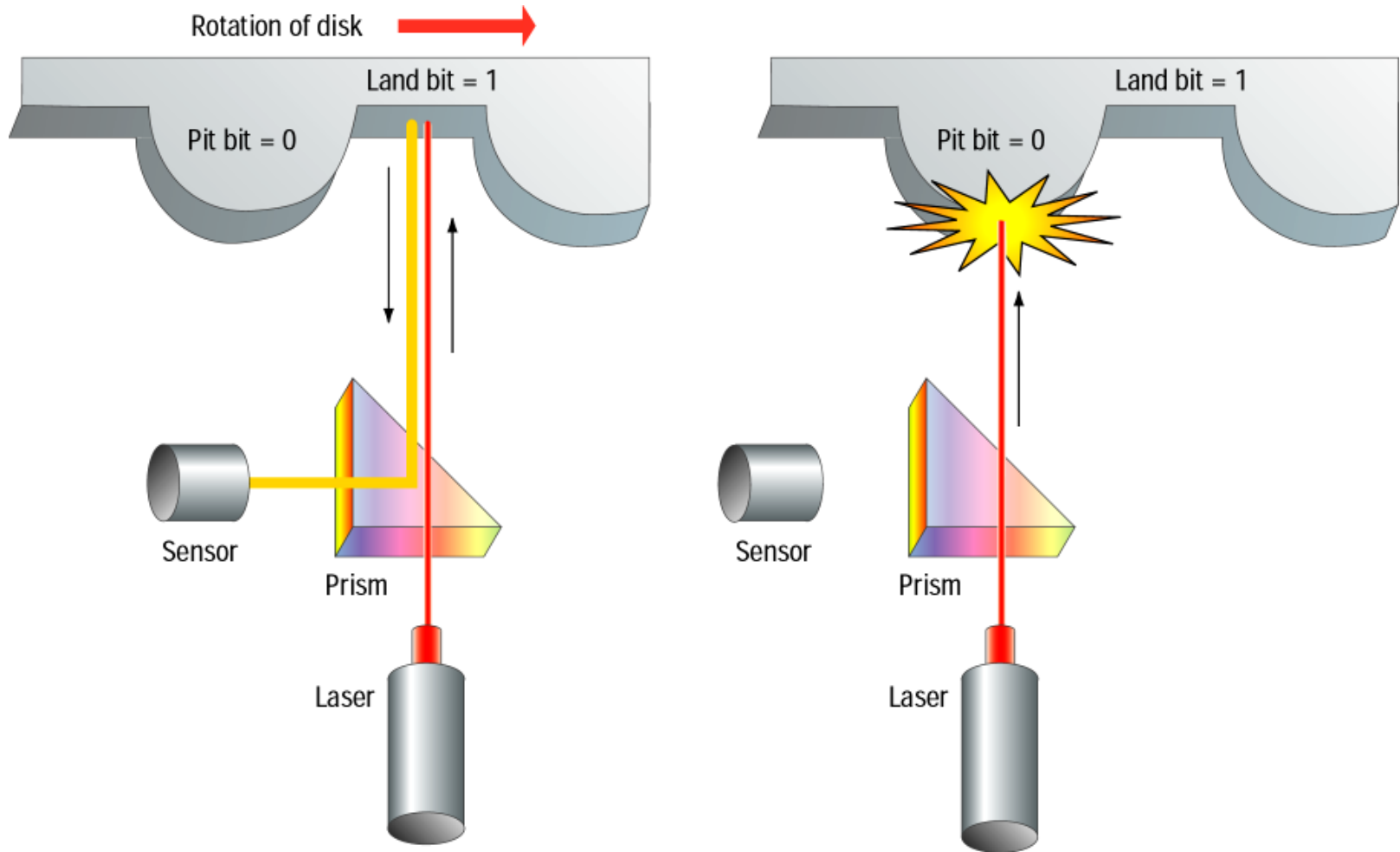
- **CD (Compact Disk) :**
Ένας μη διαγράψιμος δίσκος ο οποίος αποθηκεύει πληροφορίες ήχου. Το πρότυπο σύστημα χρησιμοποιεί 12εκ δίσκο και καταγράφει περισσότερο από 60 λεπτά αδιάκοπης αναπαραγωγής.
- **CD-ROM (Compact Disk Read-Only Memory) :**
Ένας μη διαγράψιμος δίσκος ο οποίος χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει ηλεκτρονικά δεδομένα. Το πρότυπο σύστημα χρησιμοποιεί 12εκ δίσκο και μπορεί να χωρέσει περισσότερο από 650Mbytes .
- **CD-R (CD Recordable) :**
Παρόμοιο με το CD-ROM. Ο χρήστης μπορεί να γράψει στο δίσκο μόνο μία φορά.
- **CD-RW (CD Rewritable) :**
Παρόμοιο με το CD-ROM. Ο χρήστης μπορεί να διαγράψει και να ξαναγράψει στον δίσκο πολλές φορές.



Λειτουργία του CD (1/2)



Λειτουργία του CD (2/2)

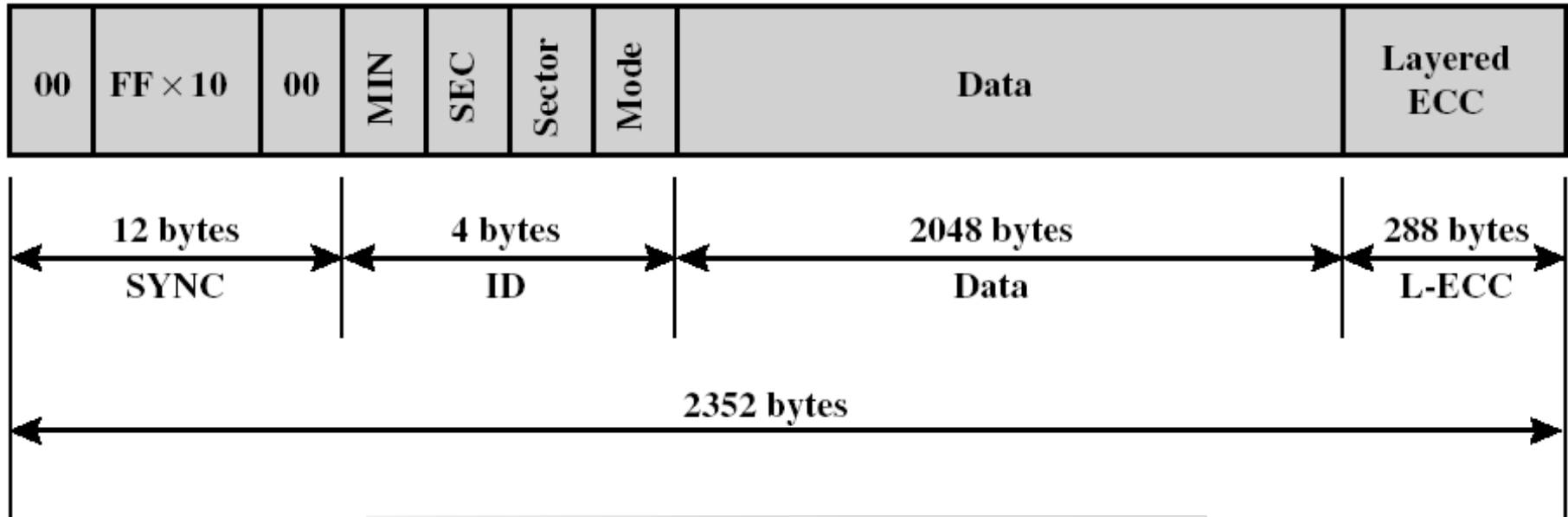


CD-ROM

- CD-ROM 60,73,80 minutes.
- Spiral Track 5.27Kmh (*73minutes*).
- 1x 150KB/sec.
- Οι άλλες ταχύτητες είναι πολλαπλάσιες του 1x.
- Τα drives αναφέρουν τη μέγιστη ταχύτητα.



Μορφή του CD-ROM



- Mode 0=blank data field.
- Mode 1=2048 byte data+error correction.
- Mode 2=2336 byte data.



Προσπέλαση δεδομένων

- Με τη χρήση της CLV η τυχαία προσπέλαση γίνεται πιο δύσκολη.
- Ο εντοπισμός της διεύθυνσης περιλαμβάνει τη μετακίνηση της κεφαλής στη γενική περιοχή, ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής και ανάγνωση της διεύθυνσης.



Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα CDROM

- Ακριβό για λίγα κομμάτια.
- Απαιτείται η δημιουργία μήτρας.
- Τα υπόλοιπα CD-ROM κατασκευάζονται με πίεση.
- Ανθεκτικό.
- Μόνο για ανάγνωση.



Άλλα οπτικά μέσα (1/3)

CD-R (*CD-Recordable*)

- *WORM (Write once Read Many)*.
- Φθήνο.
- Παρόμοιο με το CD-ROM.
- Χρησιμοποιείται και για λίγα αντίγραφα.
- Υπάρχει χρωστική ουσία που έχει διαφορετική αντανακλαστικότητα όταν εγγράφεται με δέσμη υψηλής έντασης laser (όχι pit/land όπως στο CD-ROM).



Άλλα οπτικά μέσα (2/3)

CD-RW

- Διαγράψιμο.
- Αλλαγή φάσης
(δυο διαφορετικές καταστάσεις αντανακλαστικότητας).
- Το υλικό εγγραφής ύστερα από 500.000 εγγραφές χάνει τις ιδιότητές του.
- Συμβατό με τα περισσότερα CD-ROM.
- Το κόστος είναι μικρό.

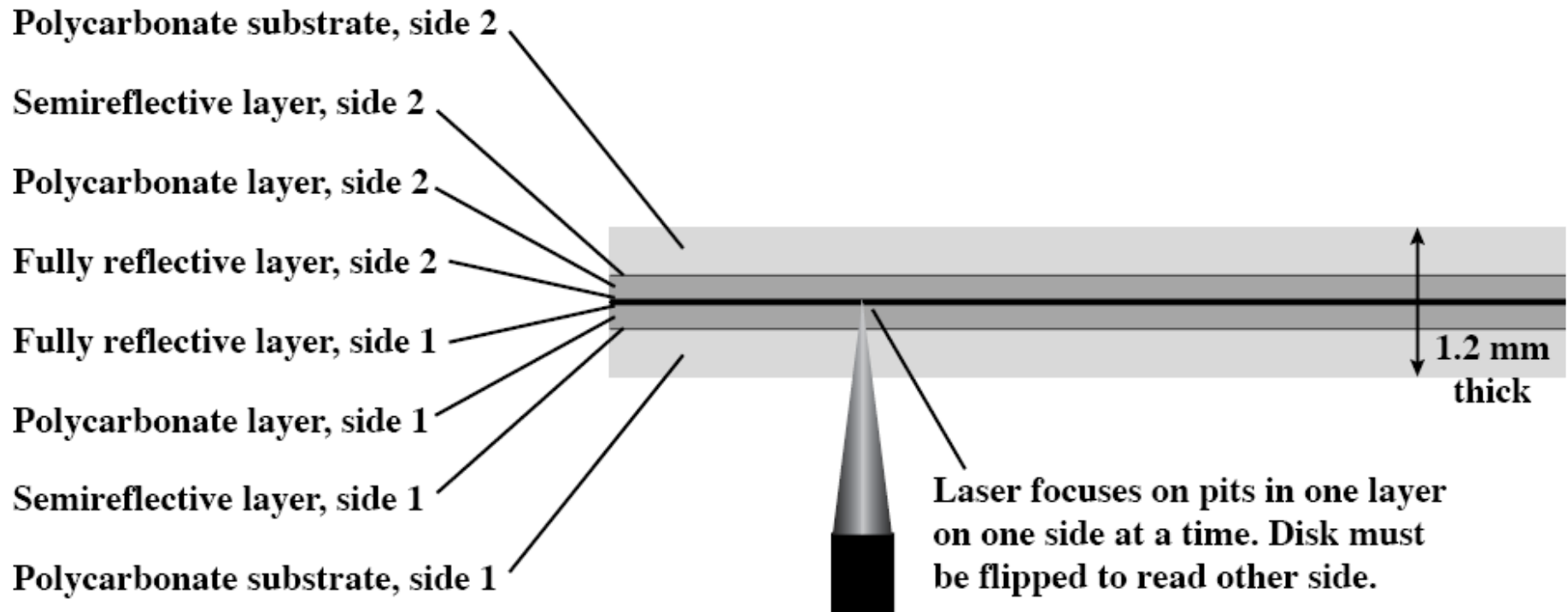


Άλλα οπτικά μέσα (3/3)

- **Digital Video Disc**
 - Χρησιμοποιήθηκε μόνο για ταινίες.
- **Digital Versatile Disc**
 - Χρησιμοποιείται στους υπολογιστές.
 - Συμβατό με το digital video disc.
 - Τεράστιες ποσότητες δεδομένων (4.7GB).
 - Μεγαλύτερη χωρητικότητα από CD γιατί:
 - ✓ Τα bit πιο κοντά μεταξύ τους (αντί για 1.6μm τα tracks έχουν 0.834μm).
 - ✓ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί δεύτερο στρώμα ανακλαστικής επιφάνειας (ρυθμίζεται κατάλληλα η εστίαση του laser).
 - ✓ Το DVD μπορεί να είναι διπλής όψης (max 17GB).
 - Χρησιμοποιεί κόκκινο laser.



DVD χωρητικότητας 17GB



Σύνοψη των DVD

- **DVD** (*Digital Versalite Disk*): Μια τεχνολογία για την παραγωγή ψηφιοποιημένης, συμπιεσμένης αναπαράστασης πληροφοριών βίντεο, καθώς και μεγάλες ποσότητες ψηφιακών δεδομένων. Και τα 8 και τα 12εκ διαμέτρου χρησιμοποιούνται είναι διπλής όψεως με χωρητικότητα πάνω από 17 Gbytes. Το πρότυπο DVD είναι μόνο ανάγνωσης (*DVD-ROM*).
- **DVD-R** (*DVD Recordable*): Παρόμοιο με το DVD-ROM. Ο χρήστης μπορεί να γράψει στον δίσκο μόνο μία φορά. Και μόνο η μία πλευρά του δίσκου μπορεί να χρησιμοποιηθεί.
- **DVD-RW** (*DVD Rewritable*): Παρόμοιο με το DVD-ROM. Ο χρήστης μπορεί να διαγράψει και να ξαναγράψει στον δίσκο πολλές φορές. Μόνο η μία πλευρά του δίσκου χρησιμοποιείται.



Επανεγγράψιμα DVD

- Πολλαπλά προβλήματα με τα standard.
- Κάποιοι οδηγοί DVD-ROM δε μπορούν να διαβάσουν DVD-W.
- Κάποιοι οδηγοί DVD-ROM δε μπορούν να διαβάσουν CD-ROM.
- DVD+R / +RW
- DVD-R/ -RW
- DL (double layer): DVD-DL +R, DVD-DL -R ,



Blu-ray

- Δίσκος υψηλής πυκνότητας.
- Χρησιμοποιεί μπλε υπεριώδεις laser.
- Μονή στρώση 25GB, διπλής στρώσης 50GB.
- Επικράτησε ως προς το αντίπαλο HD-DVD.
- Spot size 580 nm
- Υλικό αρκετά ανθεκτικό σε γρατσουνιές
- Μορφή: UDF 2.5



Blueraγ και μέλλον

- Η **BDXL** μορφή υποστηρίζει 100GB και 128GB μιας εγγραφής δίσκων και 100GB δίσκων επανεγγραφής για εμπορικές εφαρμογές . Καθορίστηκε τον Ιούνιο του 2010.
- BD-R 3.0 μορφή οι προδιαγραφές του (*BDXL*) ορίζονται για πολυεπίπεδο εγγράψιμο δίσκο σε μορφή BDAV με ταχύτητα 2X και 4X, ικανό για 100/128GB και χρήση από UDF2.5/2.6.
- BD-RE 4.0 μορφή οι προδιαγραφές του (*BDXL*) ορίζονται για πολυεπίπεδο επανεγγράψιμο δίσκο BDAV με ταχύτητα 2X και 4X, κανό για 100GB και χρήση από UDF2.5 ως σύστημα αρχείου.



Μαγνητικές ταινίες (1/2)

- Ο πρώτος τύπος αποθήκευσης.
- Σειριακή πρόσβαση.
- Εύκαμπτη πολυεστερική ταινία.
- Ίδια εγγραφή/ανάγνωση με τους δίσκους.



Μαγνητικές ταινίες (2/2)

- Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν καρούλια.
- Η ταινία βρίσκεται σε κίνηση μόνο κατά την ανάγνωση εγγραφή (όχι συνεχώς).
- Χρησιμοποιείται τώρα με μηχανισμό κασέτας.
- Πολύ αργή πρόσβαση.
- Μικρό κόστος ανά GB.
- Χρησιμοποιείται για αντίγραφα ασφαλείας.



Digital Audio Tape (*DAT*)

- Μοιάζει με την κασέτα του video
- Μεγάλη χωρητικότητα με πολύ μικρό όγκο.
 - 4GB χωρίς συμπίεση
 - 8GB με συμπίεση
- Χρησιμοποιείται για αντίγραφα ασφαλείας.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

