

## Οργάνωση Υπολογιστών (II)

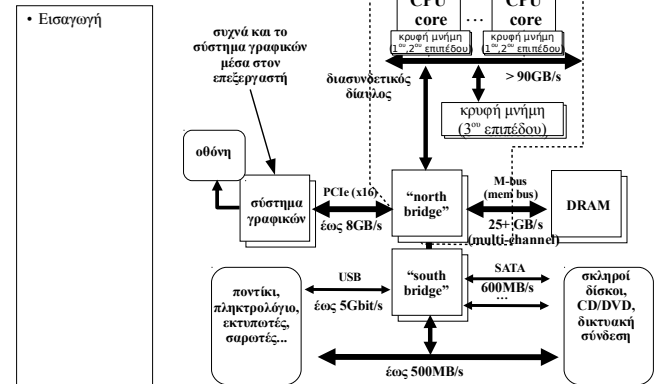
(κύρια και κρυφή μνήμη)

<http://mixstef.github.io/courses/csintro/>



Μ.Στεφανιδάκης

## Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα



οι ρυθμοί μεταφοράς που δίνονται είναι οι θεωρητικά μέγιστοι!  
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)” 2

## Κύρια μνήμη

- Εισαγωγή
- Μνήμη

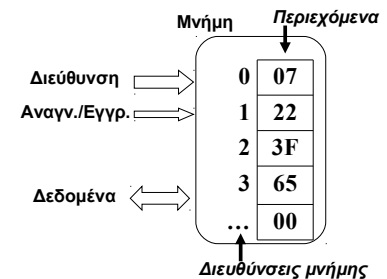
- Βασικό υποσύστημα του υπολογιστή
  - Αποθήκευση δεδομένων και προγραμμάτων
- Συλλογή από θέσεις αποθήκευσης
  - Σε κάθε θέση αποθηκεύεται μία ποσότητα των  $n$  bits
    - $n$  = εύρος (1, 2 ή 4 bytes, “λέξη”)
  - Σε κάθε θέση αντιστοιχεί μία μοναδική διεύθυνση (address)
    - μη προσημασμένος δυαδικός αριθμός
    - με  $m$  bits επιλέγουμε μεταξύ  $2^m$  διευθύνσεων
    - Χώρος διευθύνσεων μνήμης:  $0 \dots 2^m - 1$
  - Συνολική χωρητικότητα μνήμης:
    - $2^m \times n$  bits

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

3

## Μοντέλο λειτουργίας μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη



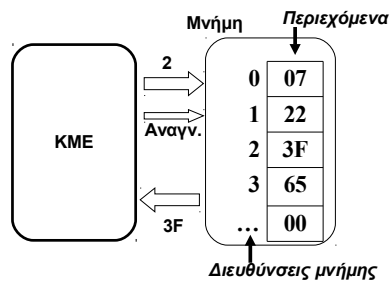
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

4

## Ανάγνωση από μνήμη

- Εισαγωγή
- Μνήμη

!   
 Ακόμα κι όταν το προγραμματιστικό μοντέλο επιτρέπει την ανάγνωση ή εγγραφή μεμονωμένων bytes, η φυσική επικοινωνία με τη μνήμη γίνεται σε "ζεύξεις" (πολλαπλά bytes)

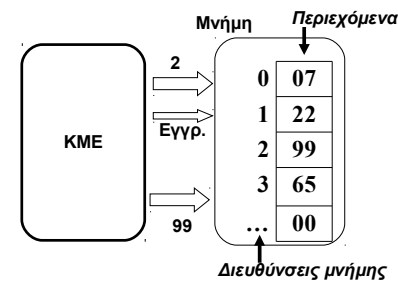


Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (II)"

5

## Εγγραφή στη μνήμη

- Εισαγωγή
- Μνήμη



Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (II)"

6

## Μονάδες μέτρησης χωρητικότητας μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη

!   
 Προσοχή!   
 Μόνο η χωρητικότητα της μνήμης μετράται σε δυνάμεις του 2!

- 1 Byte = 8 bits
- 1 KiloByte (KB) =  $2^{10}$  Bytes
  - 1.024 Bytes
- 1 MegaByte (MB) =  $2^{10}$  KB =  $2^{20}$  Bytes
  - 1.048.576 Bytes
- 1 GigaByte (GB) =  $2^{10}$  MB =  $2^{20}$  KB =  $2^{30}$  bytes
  - 1.073.741.824 Bytes
- Κλπ...

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (II)"

7

## Τεχνολογίες μνημών

- Εισαγωγή
- Μνήμη

i   
 "κελί" (cell):   
 ο χώρος αποθήκευσης ενός bit.   
   
 DRAM: 1   
 τρανζίστορ/κελί   
   
 SRAM: 6   
 τρανζίστορ/κελί

- Μνήμη "τυχαίας προσπέλασης"
  - Random Access Memory (RAM)
  - Ανάγνωση-Εγγραφή
  - Στατική (SRAM) και δυναμική (DRAM)
    - Διαφορετική μέθοδος υλοποίησης "κελιών" (cells) μνήμης
    - SRAM: πολύ γρήγορη – μικρότερη ολοκλήρωση (χρήση: κρυφή μνήμη)
    - DRAM: αργότερη – μεγάλη ολοκλήρωση (χρήση: κύρια μνήμη)
      - Απαιτείται περιοδική ανανέωση των δεδομένων κάθε 16 έως 128 ms (DRAM refresh)
    - Και στις δύο χάνονται τα δεδομένα με τη διακοπή της τροφοδοσίας

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (II)"

8

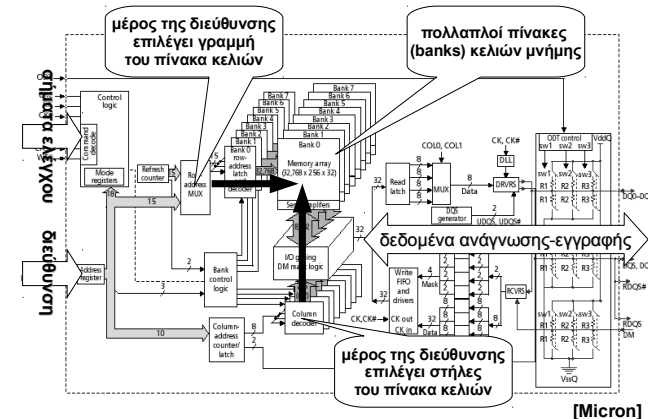
## Τεχνολογίες μνήμών

- Εισαγωγή
- Μνήμη

### Μνήμες μόνιμης αποθήκευσης

- Διατήρηση δεδομένων χωρίς τροφοδοσία
- Μόνο για ανάγνωση
  - Read Only Memory (ROM)
  - Ακολουθεί το κλαστικό μοντέλο μνήμης
  - Αποθήκευση κώδικα αρχικοποίησης υπολογιστή
- Αργή ανάγνωση-εγγραφή αλλά μαζική αποθήκευση
  - FLASH
  - Μοιάζει με δίσκο αποθήκευσης κι όχι με το κλασικό μοντέλο μνήμης
  - Ανάγνωση-εγγραφή μπλοκ δεδομένων

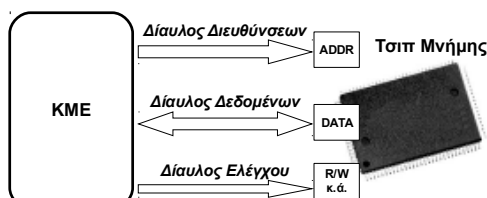
## Παράδειγμα: οργάνωση μνήμης DRAM



## Διασύνδεση επεξεργαστή-μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη

! Διάνοι: ομάδες αγωγών – διασύνδεση για τη μεταφορά πληροφορίας. Ο ρυθμός μεταφοράς στους διαύλους επηρεάζει τη συνολική απόδοση του υπολογιστή!

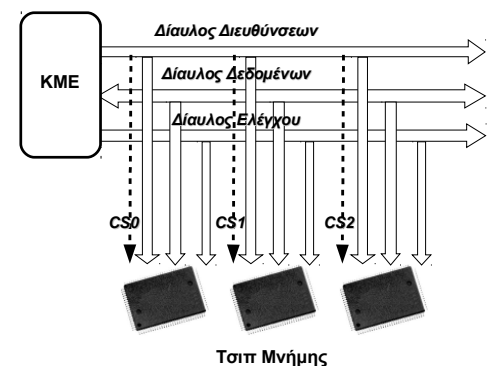


- Διεύθυνση
  - Προς/από πού γίνεται η προσπέλαση;
- Δεδομένα
  - Τα δεδομένα ανάγνωσης/εγγραφής
- Έλεγχος
  - Ανάγνωση ή εγγραφή; και συγχρονισμός μεταφοράς

## Επιλέγοντας στόχο: chip select

- Εισαγωγή
- Μνήμη

i Chip Select: σήμα επιτρεπής. Επιλέγει έναν από πολλούς στόχους για τη μεταφορά δεδομένων. Στο διπλανό σχήμα, μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος της διεύθυνσης



## Η κύρια μνήμη σήμερα

- Εισαγωγή
- Μνήμη

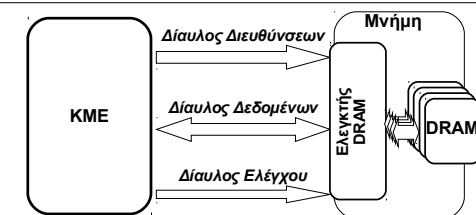
- Υποσύστημα κύριας μνήμης
  - Μεγάλες χωρητικότητες (GBs)
  - Μεγάλο εύρος (bits) διαύλου μεταφοράς
    - Για την ικανοποίηση των αναγκών των ΚΜΕ
    - 64 και πλέον bits ανά μεταφορά
    - $\geq 400$  MTTransfers/sec,  $\geq 3.2$  GB/s
  - Βελτιστοποιήσεις απόδοσης
    - Για τον ελάχιστο χρόνο προσπέλασης δεδομένων
- Ελεγκτής κύριας μνήμης
  - Λόγω της πολυπλοκότητας διασύνδεσης
    - Μια ΚΜΕ δεν συνδέεται απευθείας στη μνήμη
    - Αλλά: παρεμβολή ελεγκτή μνήμης
    - Το μοντέλο προσπέλασης δεν αλλάζει

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

13

## Διασύνδεση επεξεργαστή-μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη



- Ελεγκτής κύριας μνήμης
  - Μετατρέπει τις αιτήσεις ανάγνωσης-εγγραφής της ΚΜΕ στις κατάλληλες εντολές προς τα τσιπ κύριας μνήμης (DRAM)

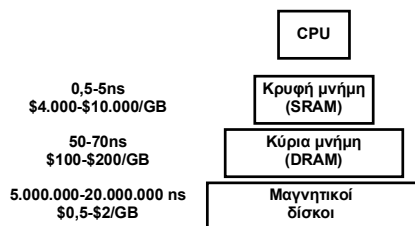
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

14

## Ιεραρχία Μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη

- Προσέγγιση της ιδανικής μνήμης
  - Ο επεξεργαστής βλέπει “μνήμη”
  - Με την ταχύτητα του υψηλότερου επιπέδου
  - Και το μέγεθος του χαμηλότερου επιπέδου

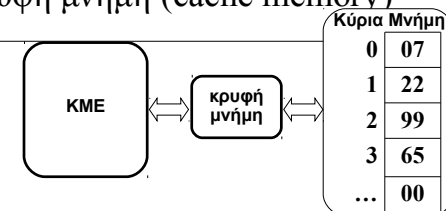


Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

15

## Κρυφή μνήμη (cache memory)

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη



- Μεταξύ ΚΜΕ και κύριας μνήμης
  - Περιέχει ένα μέρος μόνο των περιεχομένων της κύριας μνήμης
    - Διαφορετικές θέσεις κύριας μνήμης φορτώνονται στην ίδια θέση της κρυφής! (αντικατάσταση)
  - Γρηγορότερη από κύρια μνήμη
  - Εκμετάλλευση της τοπικότητας των προσπελάσεων
  - Διαχείριση από υλικό – διαφανής στο λογισμικό!
  - Σήμερα: κρυφή μνήμη σε πολλά επίπεδα (L1, L2, L3)

Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

16

## Η αρχή της τοπικότητας

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη

### • Χρονική Τοπικότητα

- Εάν προσπελαστεί μια θέση μνήμης, είναι πολύ πιθανό να προσπελαστεί ξανά στο άμεσο μέλλον
- Π.χ. για εντολές ενός βρόχου (loop)

### • Χωρική Τοπικότητα

- Εάν προσπελαστεί μια θέση μνήμης, είναι πολύ πιθανό να προσπελαστούν και οι γειτονικές θέσεις στο άμεσο μέλλον
- Εντολές προγραμμάτων
- Δεδομένα σε πίνακες κλπ

## Μπλοκ (γραμμές) κρυφής μνήμης

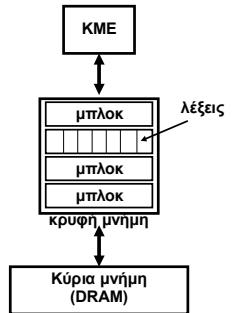
- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή Μνήμη

• Όταν πρέπει να μεταφερθεί μια λέξη, μεταφέρεται όλο το μπλοκ που την περιέχει

• Πιθανότατα εκτοπίζοντας κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται στην ίδια θέση

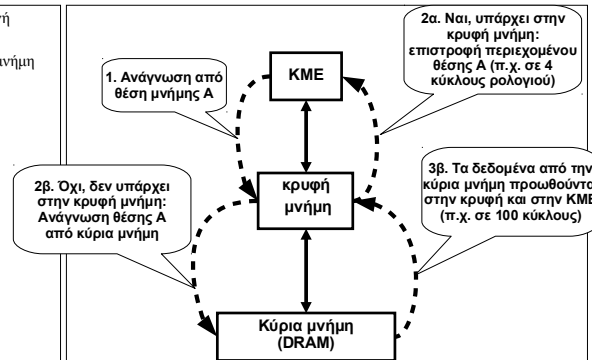
• Η θέση του μπλοκ στην κρυφή μνήμη υπολογίζεται με διάφορους τρόπους

• Το σύστημα κύριας μνήμης έχει βελτιστοποιηθεί αρχιτεκτονικά για μεταφορές μπλοκ



## Ανάγνωση μέσω της κρυφής μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη



## Εγγραφή μέσω της κρυφής μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη

