

Οργάνωση Υπολογιστών (II)

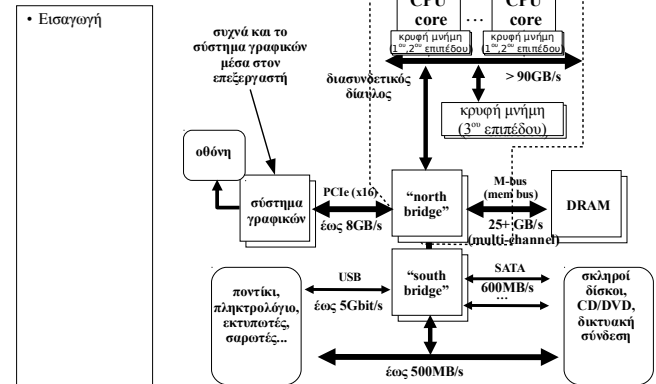
(κύρια και κρυφή μνήμη)

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



Μ.Στεφανιδάκης

Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα



Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)” 2

Κύρια μνήμη

- Εισαγωγή
- Μνήμη

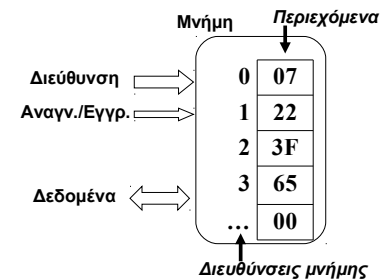
- Βασικό υποσύστημα του υπολογιστή
 - Αποθήκευση δεδομένων και προγραμμάτων
- Συλλογή από θέσεις αποθήκευσης
 - Σε κάθε θέση αποθηκεύεται μία ποσότητα των n bits
 - n = εύρος (συνήθως 1 byte)
 - Σε κάθε θέση αντιστοιχεί μία μοναδική διεύθυνση (address)
 - μη προσημασμένος δυαδικός αριθμός
 - με m bits 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



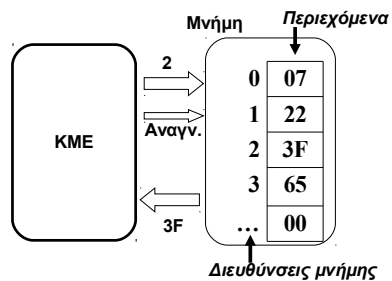
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

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 "λάξεις" (πολλαπλά bytes)

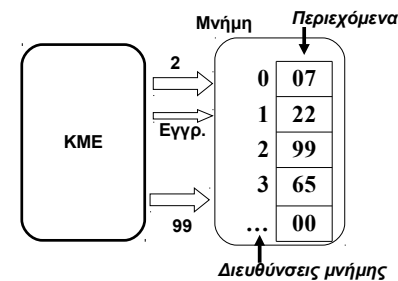


Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – "Οργάνωση Υπολογιστών (II)"

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

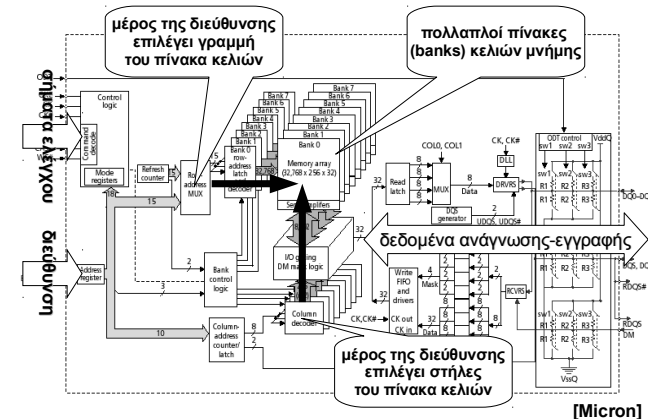
Τεχνολογίες μνήμών

- 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

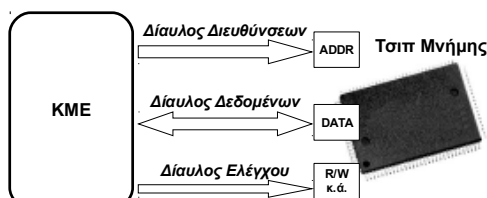
Παράδειγμα: οργάνωση μνήμης DRAM



Διασύνδεση επεξεργαστή-μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη

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

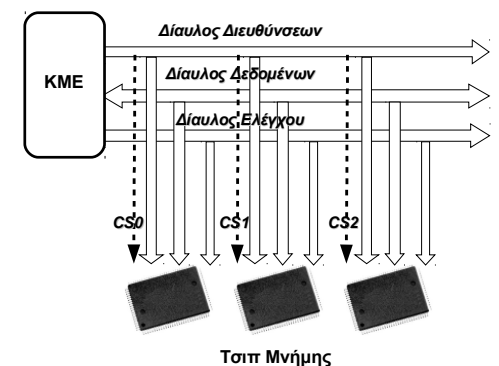


- Διεύθυνση
 - Προς/από πού γίνεται η προσπέλαση;
- Δεδομένα
 - Τα δεδομένα ανάγνωσης/εγγραφής
- Έλεγχος
 - Ανάγνωση ή εγγραφή; και συγχρονισμός μεταφοράς

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

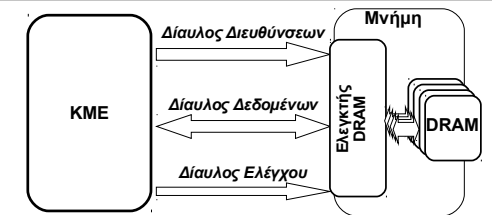
- Υποσύστημα κύριας μνήμης
 - Μεγάλες χωρητικότητες (GBs)
 - Μεγάλο εύρος (bits) διαύλου μεταφοράς
 - Για την ικανοποίηση των αναγκών των ΚΜΕ
 - 64 και πλέον bits ανά μεταφορά
 - ≥ 400 MTTransfers/sec, ≥ 3.2 GB/s
 - Βελτιστοποιήσεις απόδοσης
 - Για τον ελάχιστο χρόνο προσπέλασης δεδομένων
- Ελεγκτής 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)

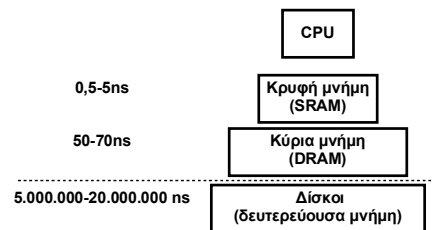
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

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

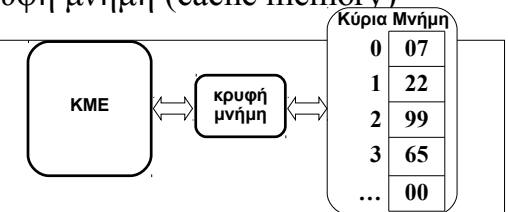


Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

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

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

17

Μπλοκ (γραμμές) κρυφής μνήμης

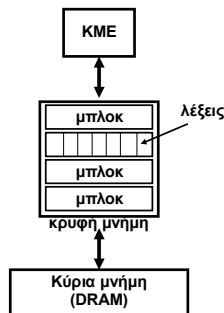
- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή Μνήμη

• Όταν πρέπει να μεταφερθεί μια λέξη στην κρυφή μνήμη, 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

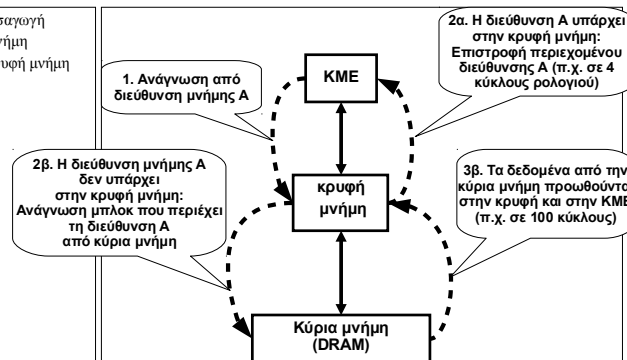


Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

18

Ανάγνωση μέσω της κρυφής μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη

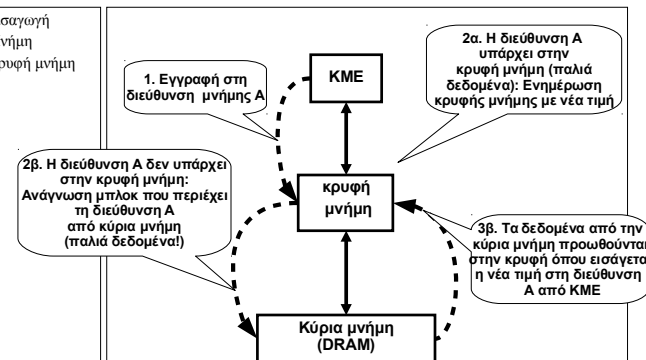


Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (II)”

19

Εγγραφή μέσω της κρυφής μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη



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

20