

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής  
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών  
2017-18

## Οργάνωση Υπολογιστών (II)

(κύρια και κρυφή μνήμη)

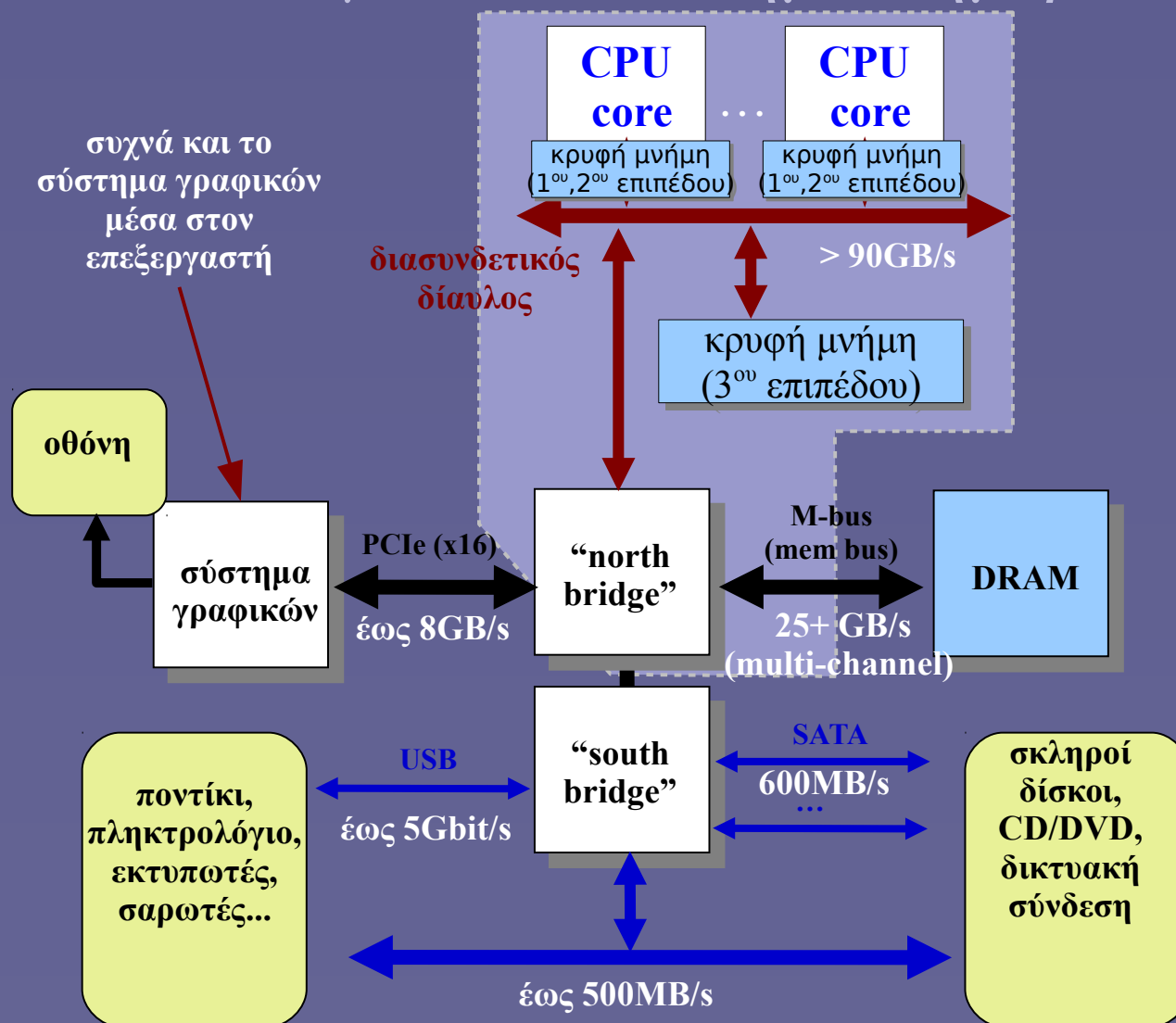
<http://mixstef.github.io/courses/csintro/>

Μ.Στεφανιδάκης



# Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα

- Εισαγωγή



οι ρυθμοί μεταφοράς που δίνονται είναι οι θεωρητικά μέγιστοι!

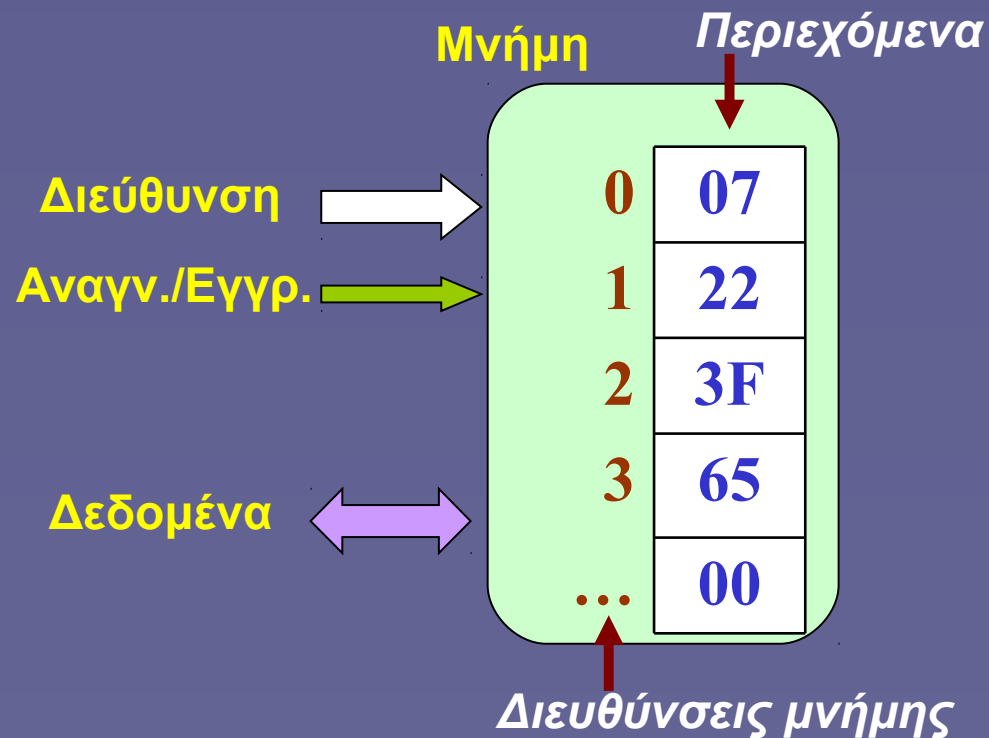
# Κύρια μνήμη

- 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

# Μοντέλο λειτουργίας μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη

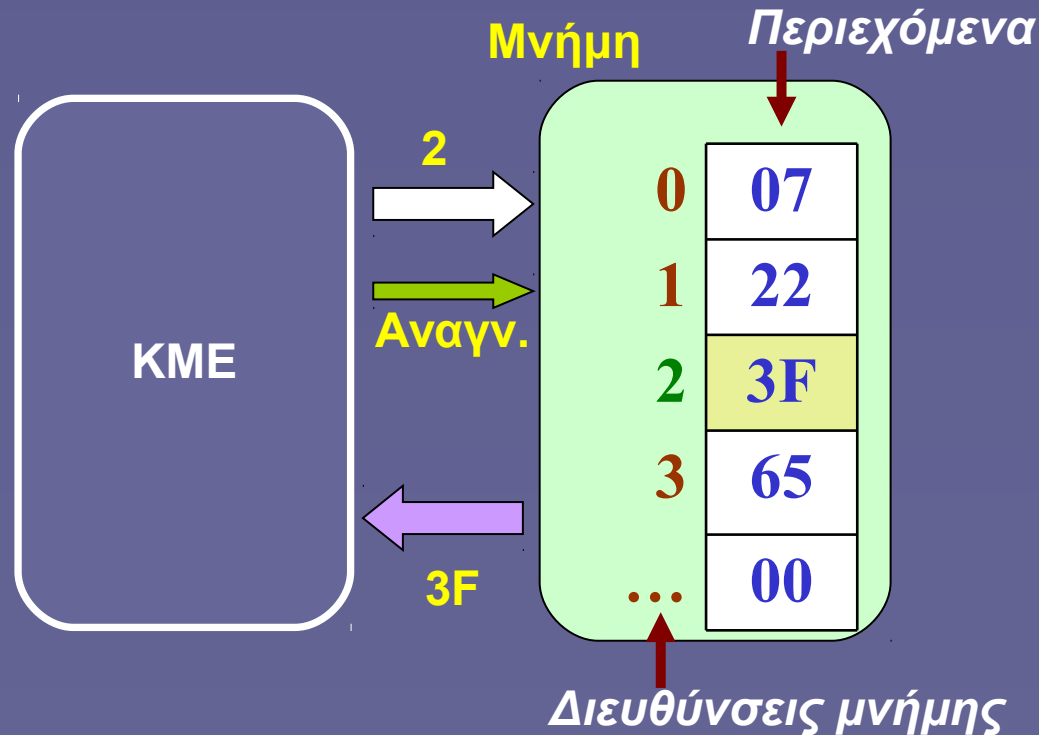


# Ανάγνωση από μνήμη

- Εισαγωγή
- Μνήμη

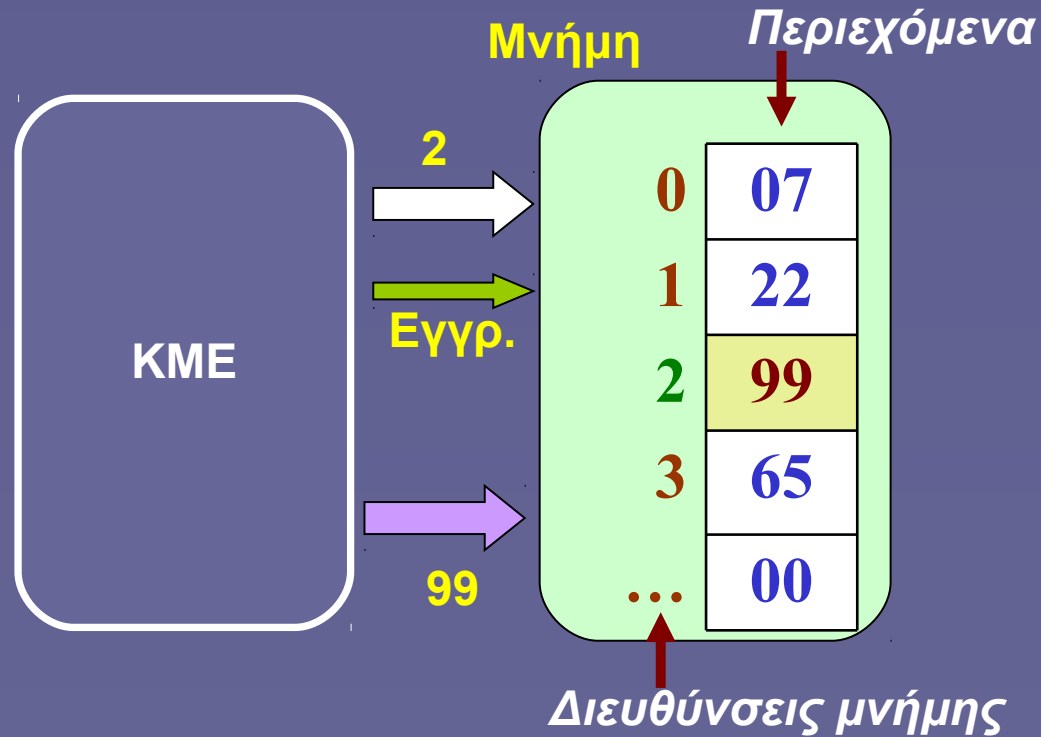


Ακόμα κι όταν το προγραμματιστικό μοντέλο επιτρέπει την ανάγνωση ή εγγραφή μεμονωμένων bytes, η φυσική επικοινωνία με τη μνήμη γίνεται σε “λέξεις” (πολλαπλά bytes)



# Εγγραφή στη μνήμη

- Εισαγωγή
- Μνήμη



# 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...

# Τεχνολογίες μνημών

- Εισαγωγή
- Μνήμη



“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

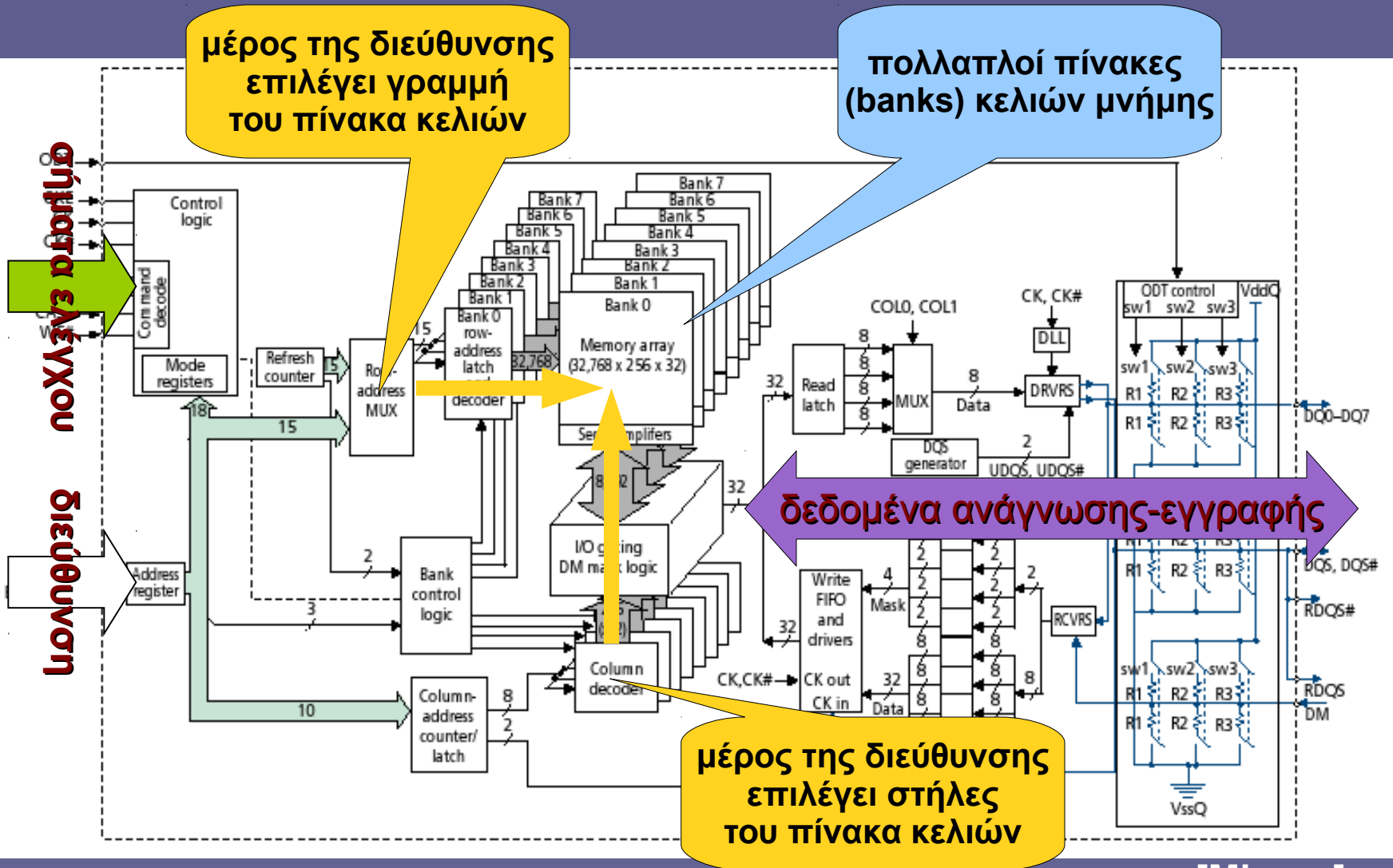


# Τεχνολογίες μνημών

- Εισαγωγή
- Μνήμη

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

# Παράδειγμα: οργάνωση μνήμης DRAM



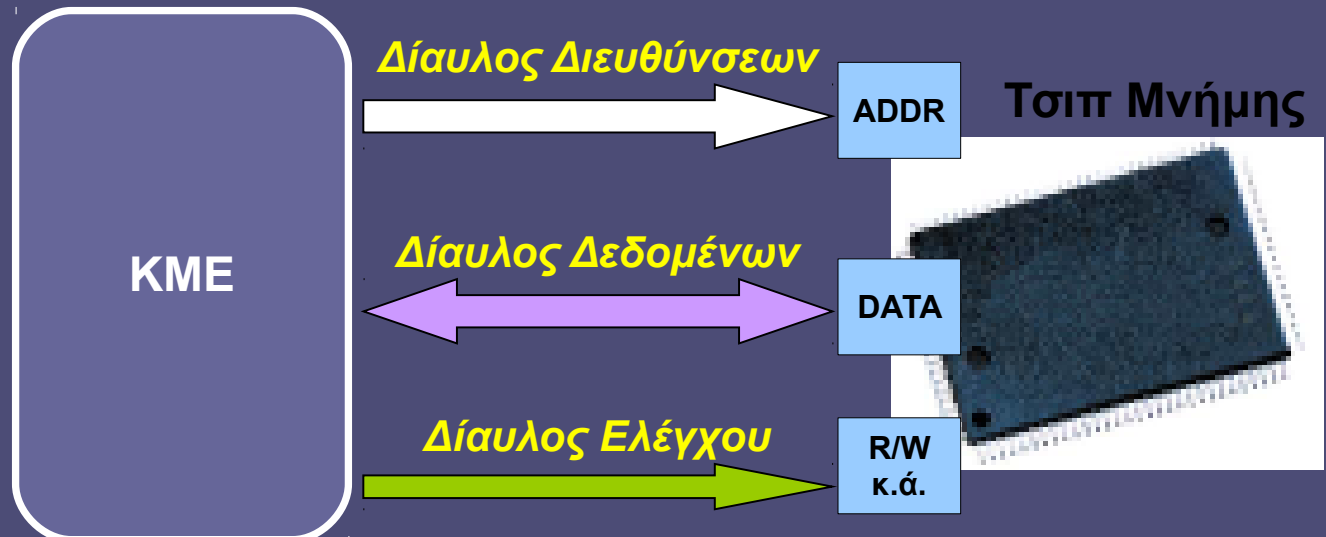
[Micron]

# Διασύνδεση επεξεργαστή-μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη



Δίαυλοι: 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

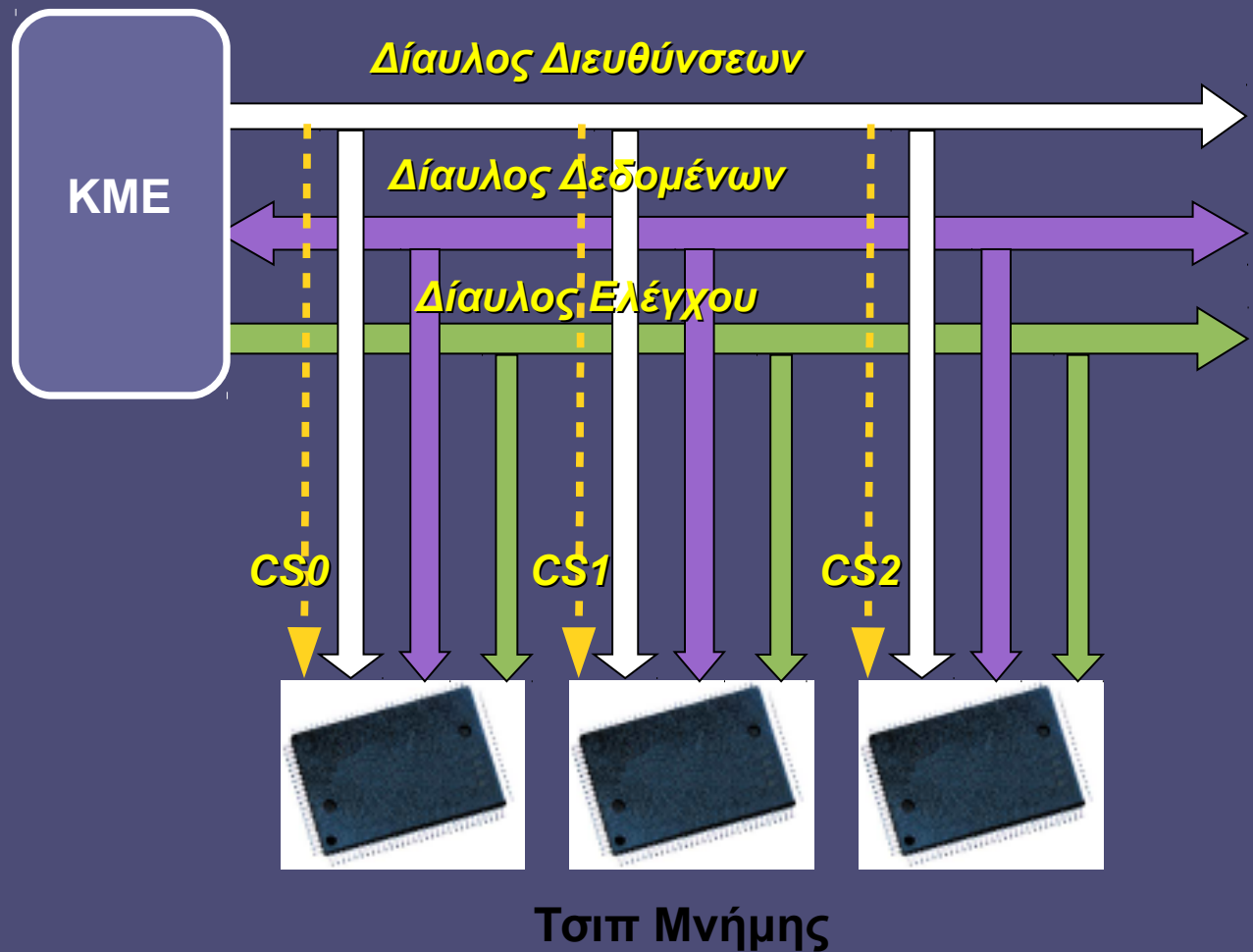
# Επιλέγοντας στόχο: chip select

- Εισαγωγή
- Μνήμη



Chip Select: σήμα επίτρεψης. Επιλέγει έναν από πολλούς στόχους για τη μεταφορά δεδομένων.

Στο διπλανό σχήμα, μπορεί να θεωρηθεί ως μέρος της διεύθυνσης



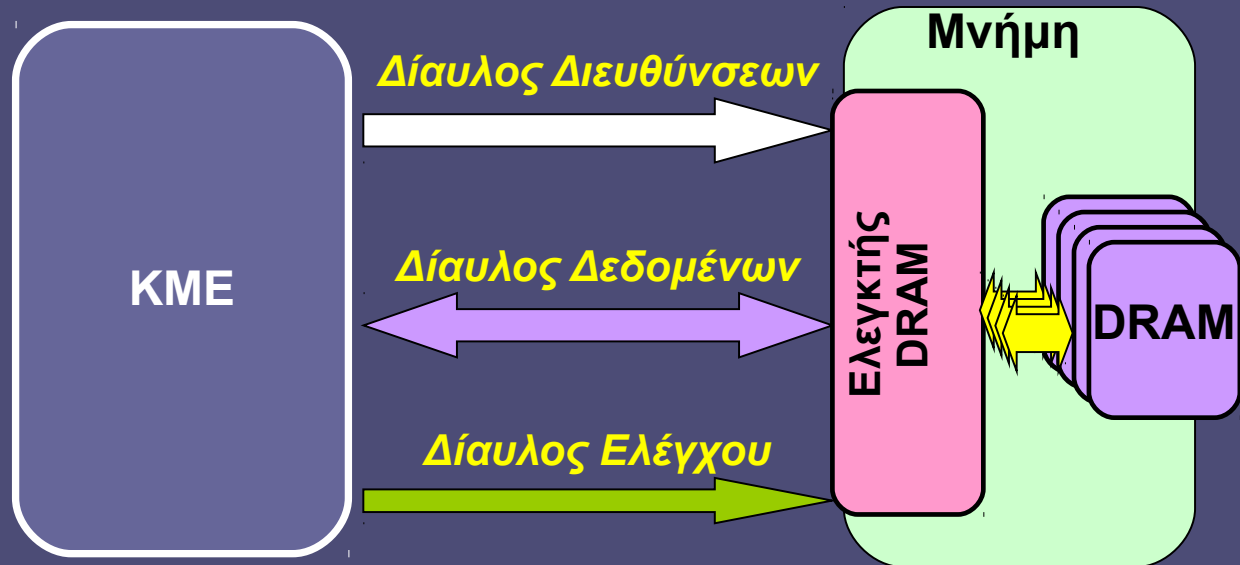
# Η κύρια μνήμη σήμερα

- 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
    - $\geq 400$  MTransfers/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

# Διασύνδεση επεξεργαστή-μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη

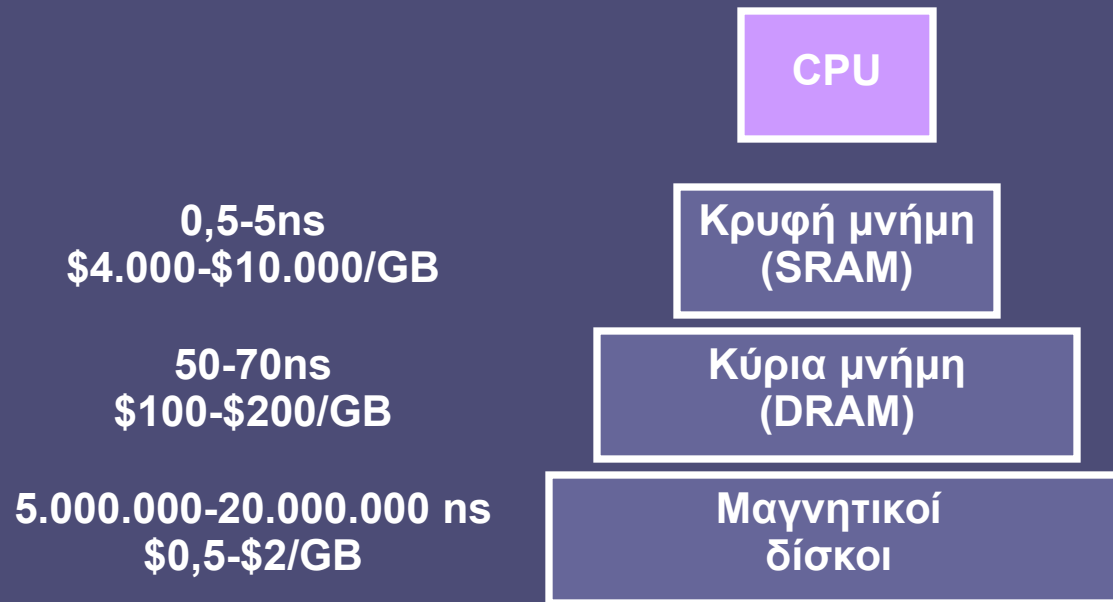


- Ελεγκτής κύριας μνήμης
  - Μετατρέπει τις αιτήσεις ανάγνωσης-εγγραφής της ΚΜΕ στις κατάλληλες εντολές προς τα τσιπ κύριας μνήμης (DRAM)

# Ιεραρχία Μνήμης

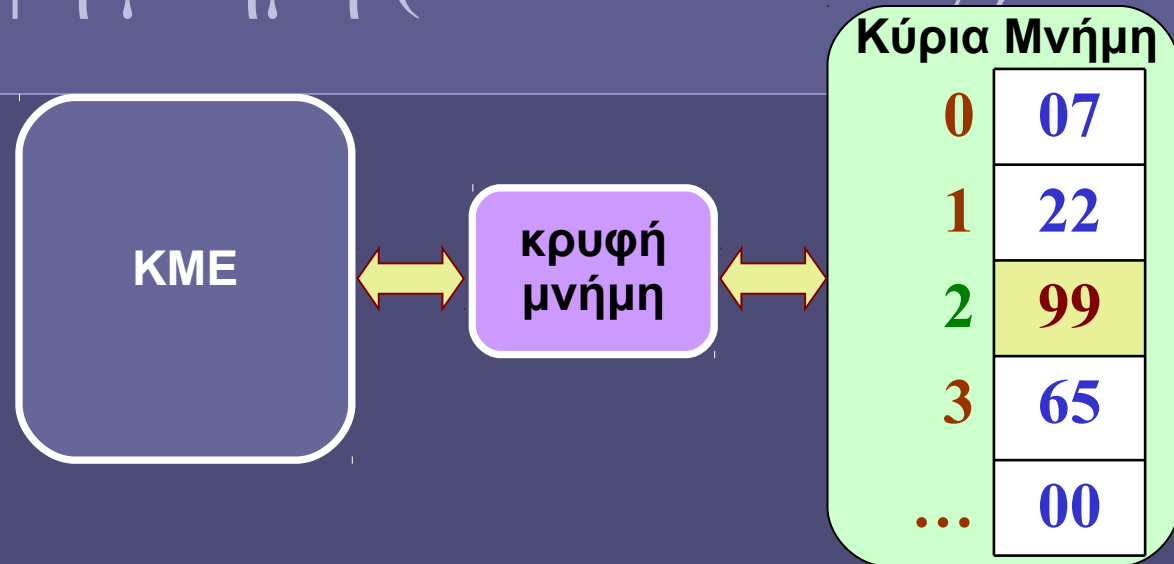
- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη

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



# 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)



# Η αρχή της τοπικότητας

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη

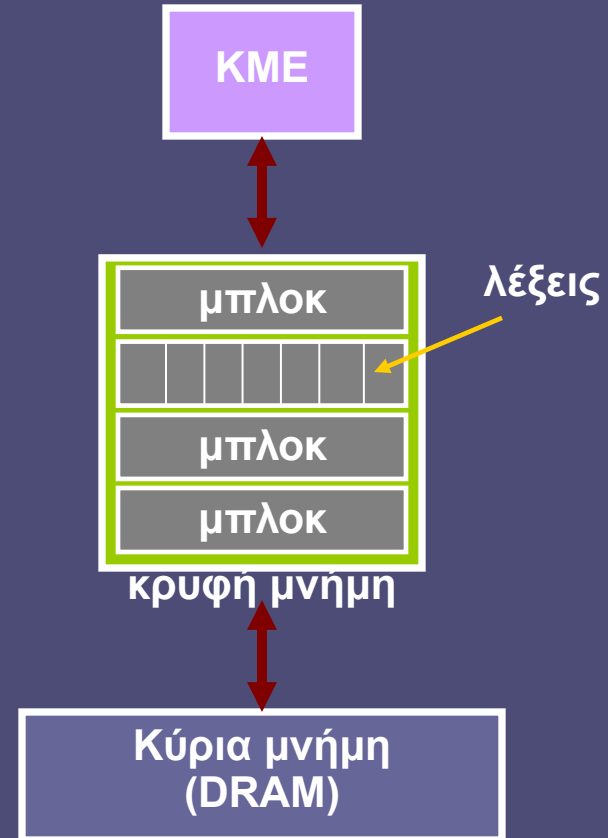
- **Χρονική Τοπικότητα**
  - Εάν προσπελαστεί μια θέση μνήμης, είναι πολύ πιθανό να προσπελαστεί ξανά στο άμεσο μέλλον
  - Π.χ. για εντολές ενός βρόχου (loop)
- **Χωρική Τοπικότητα**
  - Εάν προσπελαστεί μια θέση μνήμης, είναι πολύ πιθανό να προσπελαστούν και οι γειτονικές θέσεις στο άμεσο μέλλον
  - Εντολές προγραμμάτων
  - Δεδομένα σε πίνακες κλπ

# Μπλοκ (γραμμές) κρυφής μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή Μνήμη

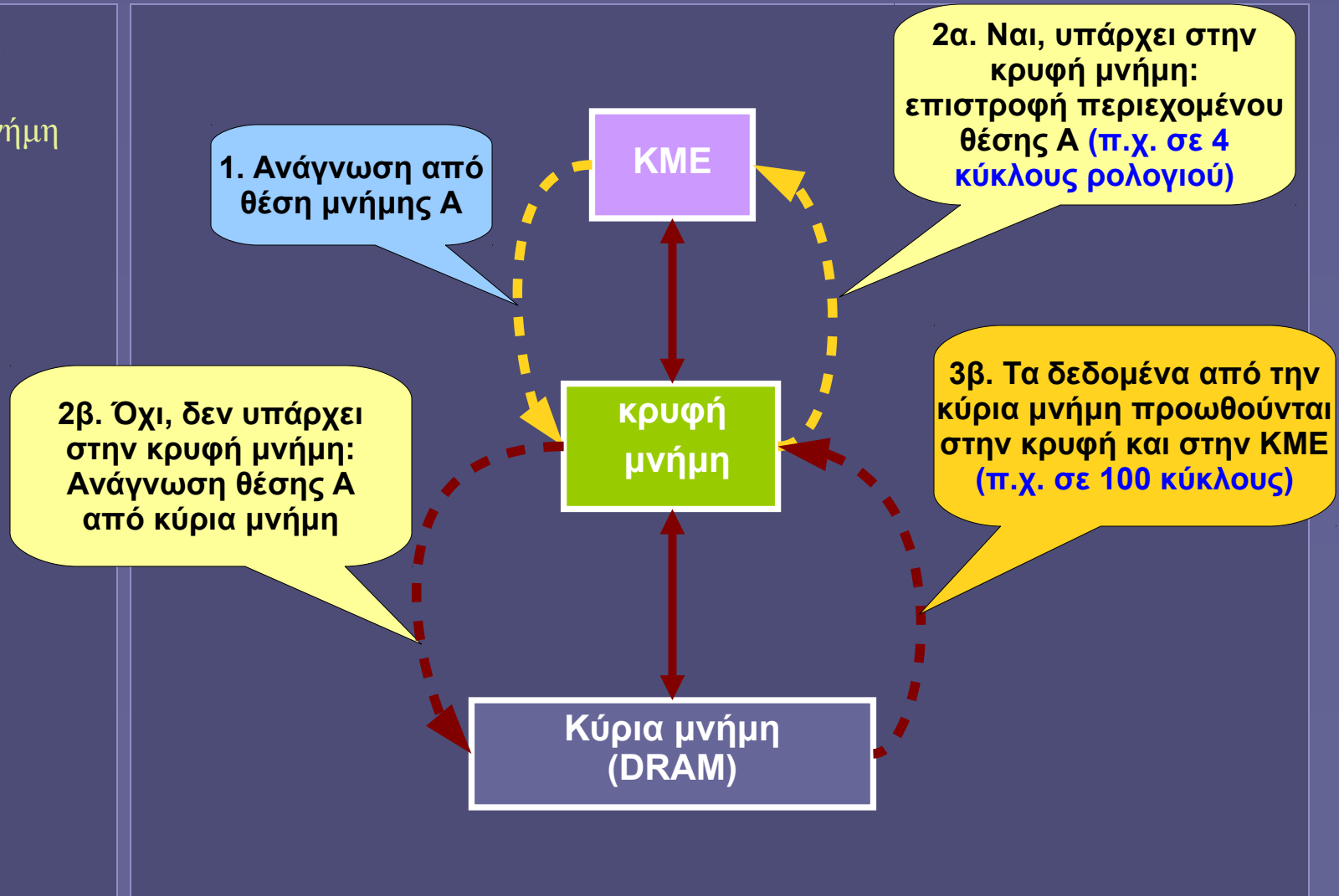
- Όταν πρέπει να μεταφερθεί μια λέξη, μεταφέρεται όλο το μπλοκ που την περιέχει
- Πιθανότητα εκτοπίζοντας κάποιο άλλο μπλοκ που βρίσκεται στην ίδια θέση
- Η θέση του μπλοκ στην κρυφή μνήμη υπολογίζεται με διάφορους τρόπους
- Το σύστημα κύριας μνήμης έχει βελτιστοποιηθεί αρχιτεκτονικά για μεταφορές μπλοκ

Οι σύγχρονοι επεξεργαστές διαθέτουν κρυφές μνήμες (L1) με μέγεθος μπλοκ έως 64 bytes



# Ανάγνωση μέσω της κρυφής μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη



# Εγγραφή μέσω της κρυφής μνήμης

- Εισαγωγή
- Μνήμη
- Κρυφή μνήμη

