

## Οργάνωση Υπολογιστών (III)

(συσκευές εισόδου-εξόδου)

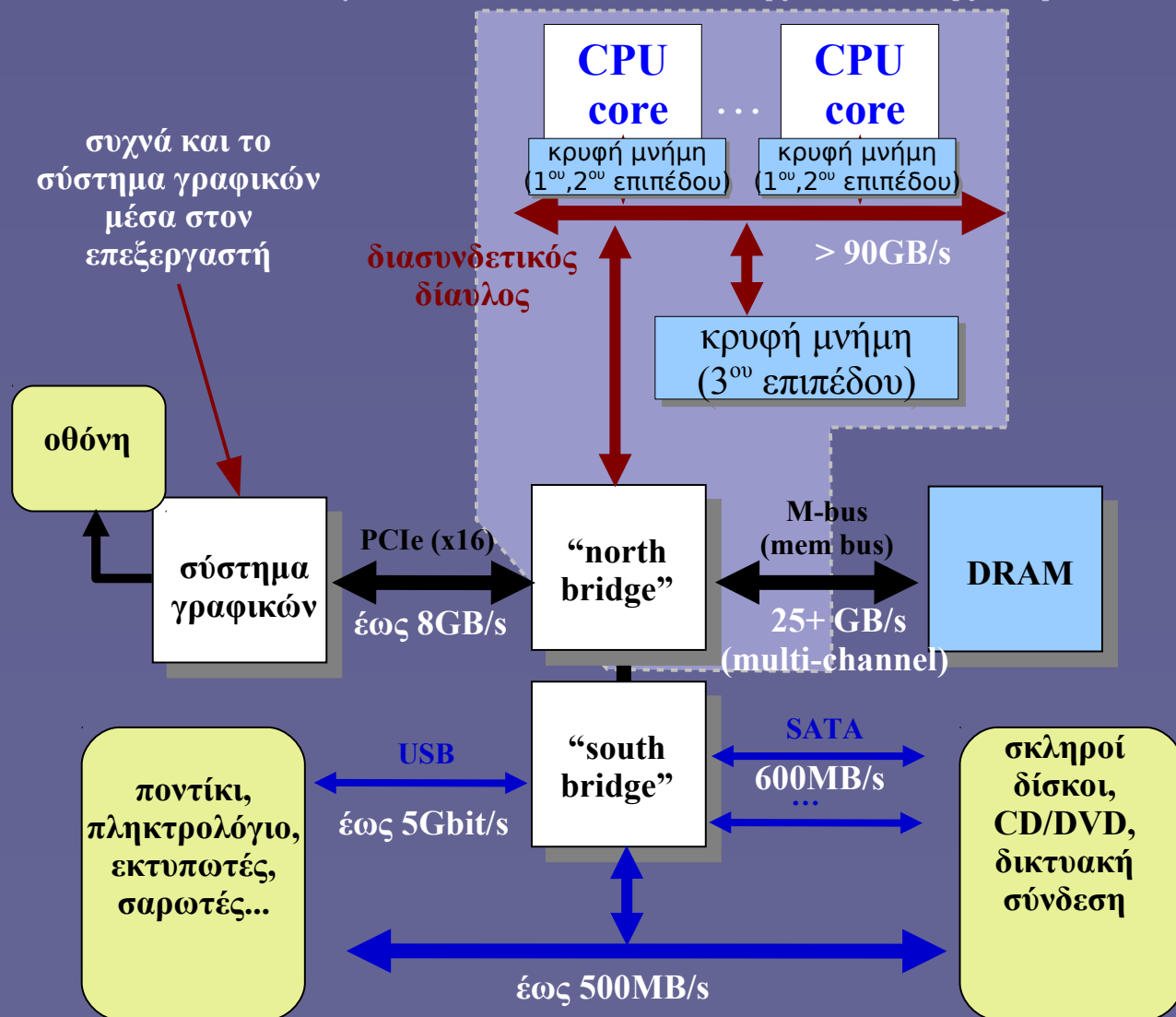
<http://mixstef.github.io/courses/csintro/>

Μ.Στεφανιδάκης



# Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα

- Εισαγωγή



οι ρυθμοί μεταφοράς που δίνονται είναι οι θεωρητικά μέγιστοι!

# Είσοδος – Έξοδος στον υπολογιστή

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- **Συσκευές E/E**

- **Συσκευές εισόδου-εξόδου (E/E)**
  - Συμβατικά: οτιδήποτε εκτός από ΚΜΕ και μνήμη
  - Συσκευές με **τελείως διαφορετικούς** μεταξύ τους ρόλους και χαρακτηριστικά
    - **Λειτουργία:** είσοδος, έξοδος ή και τα δύο (αποθήκευση)
    - **Συνεργάτης** (στην άλλη άκρη): άνθρωπος ή μηχανή
    - **Ρυθμός μεταφοράς** δεδομένων πολύ διαφορετικός ανά συσκευή

| Συσκευή                | Λειτουργία     | Ρυθμός (Mbps) |
|------------------------|----------------|---------------|
| <b>πληκτρολόγιο</b>    | είσοδος        | 0,0001        |
| <b>ποντίκι</b>         | είσοδος        | 0,0038        |
| <b>εκτυπωτής</b>       | έξοδος         | 3,2           |
| <b>σύνδεση δικτύου</b> | είσοδος/έξοδος | 100-1000      |
| <b>μαγν. δίσκος</b>    | αποθήκευση     | 240-2565      |
| <b>οθόνη</b>           | έξοδος         | 800-8000      |

# Βασικές συσκευές Ε/Ε

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές Ε/Ε



Η πληροφορία σε οθόνη διαστάσεων 1280x1024 pixels ανανεώνεται 60 φορές/sec. Αγνοώντας πρόσθετες επιβαρύνσεις, με τι ρυθμό πρέπει να αποστέλλεται η πληροφορία απεικόνισης στην οθόνη;

- **Πληκτρολόγιο**
  - Είσοδος από χρήστη – κωδικοί πλήκτρων
- **Οθόνη**
  - Έξοδος προς χρήστη – πληροφορία pixel
- **Αποθηκευτικά μέσα**
  - Μαγνητικοί και οπτικοί δίσκοι
  - Θεωρούνται ως **δευτερεύουσα μνήμη**
    - **Εκατοντάδες χιλιάδες** φορές αργότερα από κύρια μνήμη
    - Τα δεδομένα πρέπει πρώτα να περάσουν στην κύρια μνήμη και μετά στην ΚΜΕ
  - Solid State Drives (SSDs)
  - Μόνιμη αποθήκευση
    - Και εκτός τροφοδοσίας

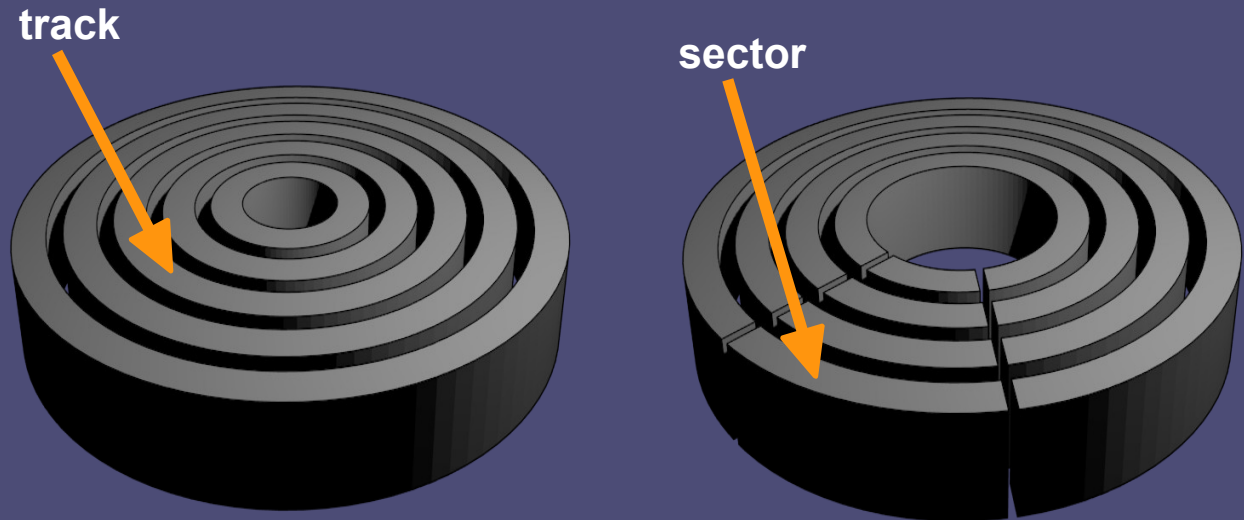
# Μαγνητικοί δίσκοι

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E

- Αποθήκευση πληροφορίας μαγνητικά στην επιφάνεια ενός αριθμού παράλληλων δίσκων
  - Ο αριθμός εξαρτάται από τον τύπο του δίσκου
- Κεφαλές ανάγνωσης-εγγραφής
  - Ταυτόχρονη και **ενιαία** κίνηση κεφαλών
- Σύστημα ελέγχου στη συσκευή του δίσκου
  - Ελεγκτής δίσκου (controller)
  - “Κρύβει” τις λεπτομέρειες υλοποίησης
  - Παρουσιάζει προς το λειτουργικό σύστημα τον δίσκο ως μια ακολουθία **λογικών μπλοκ αποθήκευσης** (0..N)

# Δομή μαγνητικών δίσκων

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E



- Οργάνωση σε **tracks** και **sectors**
  - Sector = 512 έως 4096 bytes
  - Πληροφορία αναγνώρισης sector
- Ταχύτητα περιστροφής
  - 7.200 – 10.000 RPM

# Προσπέλαση πληροφορίας στον δίσκο

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E

- **Προσπέλαση πληροφορίας**
  - Σε τυχαία θέση (sector) του δίσκου
  - Μετάβαση κεφαλής στο επιθυμητό track
    - **Seek time**
  - Αναμονή για εμφάνιση του επιθυμητού sector κάτω από την κεφαλή
    - **Rotational latency**
  - Ανάγνωση και μεταφορά των δεδομένων του sector
    - **(Block) transfer time**
  - Υπενθύμιση: όλες οι κεφαλές κινούνται μαζί – όχι ανεξάρτητα!

# “Δίσκοι” μνήμης μόνιμης αποθήκευσης

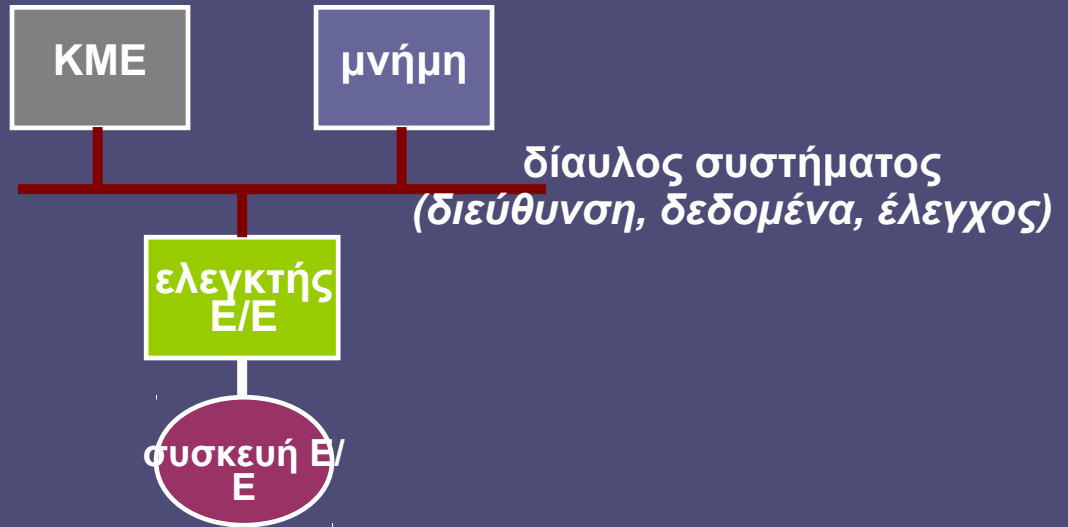
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E

- Δεν έχουν μηχανικά μέρη
  - Solid State Drives (SSDs)
- Μνήμη μόνιμης αποθήκευσης
  - Τεχνολογία FLASH
  - Τα bits αποθηκεύονται μόνιμα
  - Ανάγνωση και εγγραφή κατά ομάδες (σελίδες) λέξεων
  - Διαδικασία διαγραφής πριν την εγγραφή
    - Μέγιστο όριο διαγραφών
- Το σύστημα βλέπει τη μνήμη αυτή ως “δίσκο”
  - Ανάγνωση - εγγραφή σε blocks δεδομένων
  - Όχι το παραδοσιακό μοντέλο διευθυνσιοδότησης
- Καλύτερες επιδόσεις από μαγνητικούς δίσκους



# Διασύνδεση συσκευών E/E

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E



- Διασύνδεση στον δίαυλο του συστήματος μέσω ενός **ελεγκτή E/E** (I/O controller ή adapter)
- Ο ελεγκτής αναλαμβάνει την επικοινωνία με την **πολύ αργότερη** συσκευή E/E
- Για την ΚΜΕ, ο ελεγκτής **δεν είναι παρά ένα είδος “μνήμης”** (διαβάζει-γράφει σε αυτόν)

# Επικοινωνία συσκευών-ελεγκτή E/E

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E

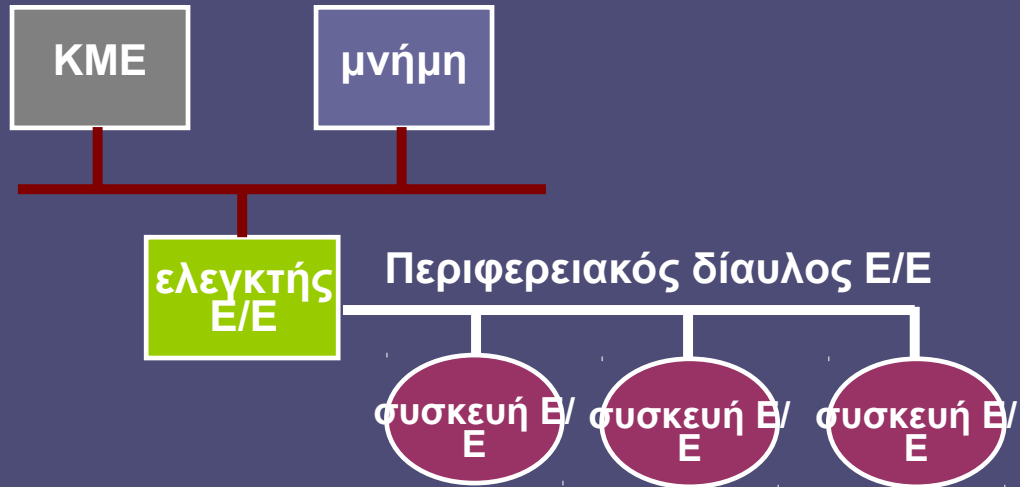
- Πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάλογο της φύσης της συσκευής
  - Χαρακτήρες για πληκτρολόγιο-εκτυπωτή
  - Πληροφορία χρώματος για οθόνη
  - Πακέτα δεδομένων για το δίκτυο
  - Μεταφορά μπλοκ δεδομένων για δίσκους
- Ο ελεγκτής E/E αναλαμβάνει τη μετάφραση μεταξύ της “γλώσσας” της συσκευής και των αιτήσεων ανάγνωσης-εγγραφής της ΚΜΕ

# Περιφερειακοί δίαυλοι E/E

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E



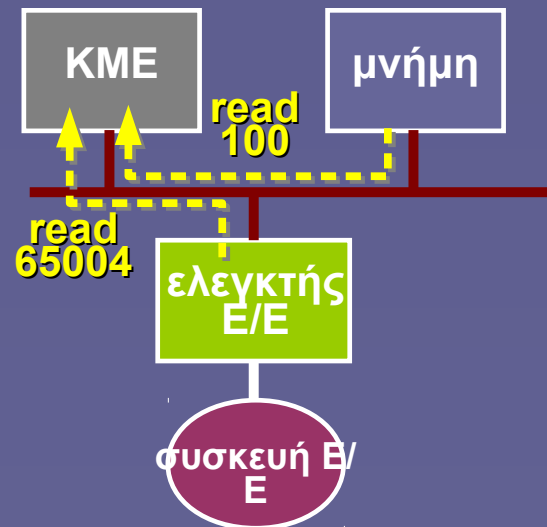
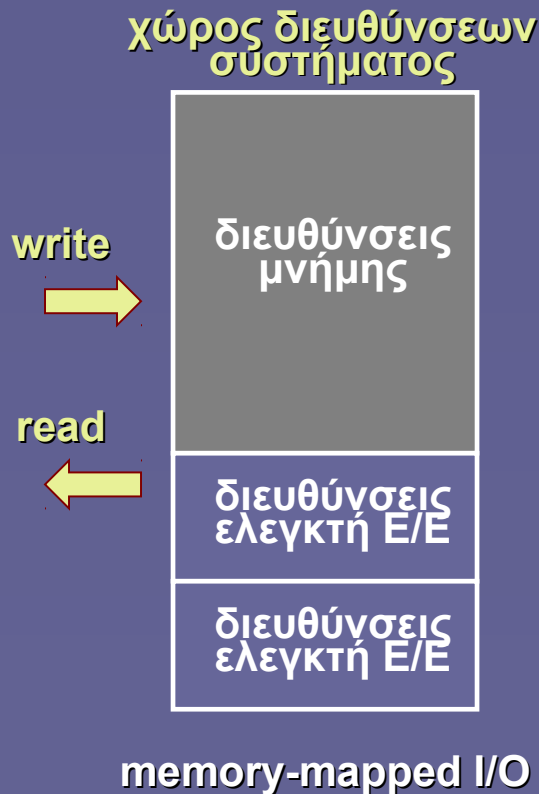
Η τοπολογία κάθε περιφερειακού διαύλου μπορεί να είναι τελείως διαφορετική



- Όταν η σύνδεση ελεγκτή και συσκευών E/E γενικεύεται
  - Δίσκοι, CD-ROM:
    - (S)ATA (AT-Attachment), SCSI (Small Computer System Interface)
  - Εξωτερικές συσκευές:
    - USB (Universal Serial Bus), Firewire

# Χώροι διευθύνσεων για E/E

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E



## Αντιστοιχισμένη σε μνήμη E/E (memory mapped I/O)

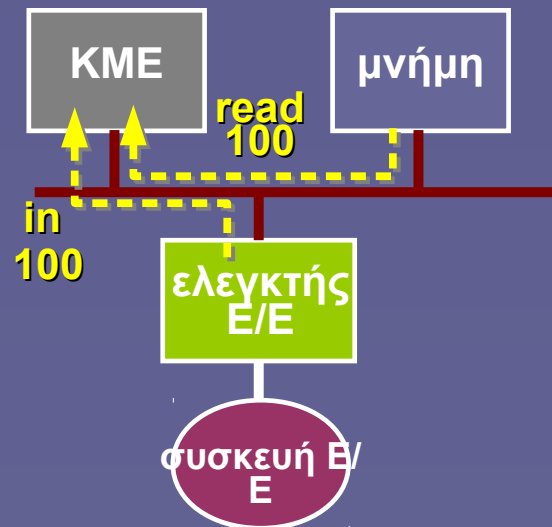
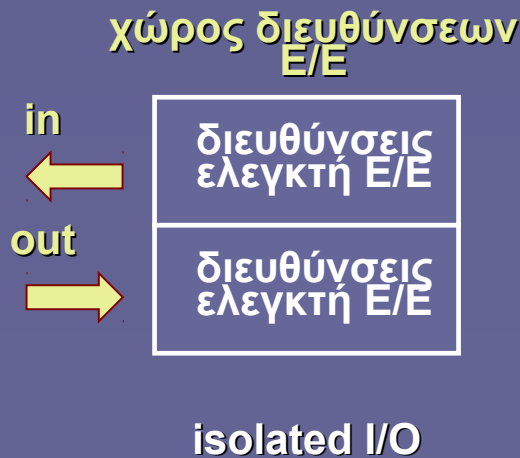
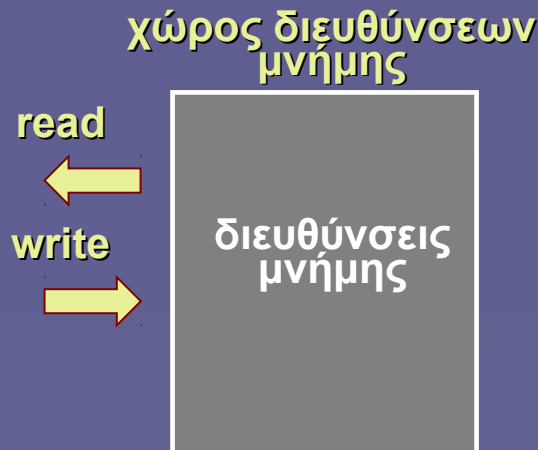
- Διευθύνσεις E/E στον χώρο μνήμης
- Κοινές εντολές προσπέλασης μνήμης και E/E (π.χ. read, write)

# Χώροι διευθύνσεων για E/E

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E

Υλοποίηση απομονωμένου χώρου διευθύνσεων E/E:

Στον δίαυλο διασύνδεσης η ΚΜΕ παράγει, εκτός από τη διεύθυνση, ένα σήμα που επιλέγει χώρο (π.χ. M/IO):



## Απομονωμένη E/E

- Διαφορετικές εντολές για προσπέλαση μνήμης και E/E
- Ίδια διεύθυνση = διαφορετική θέση σε μνήμη και E/E

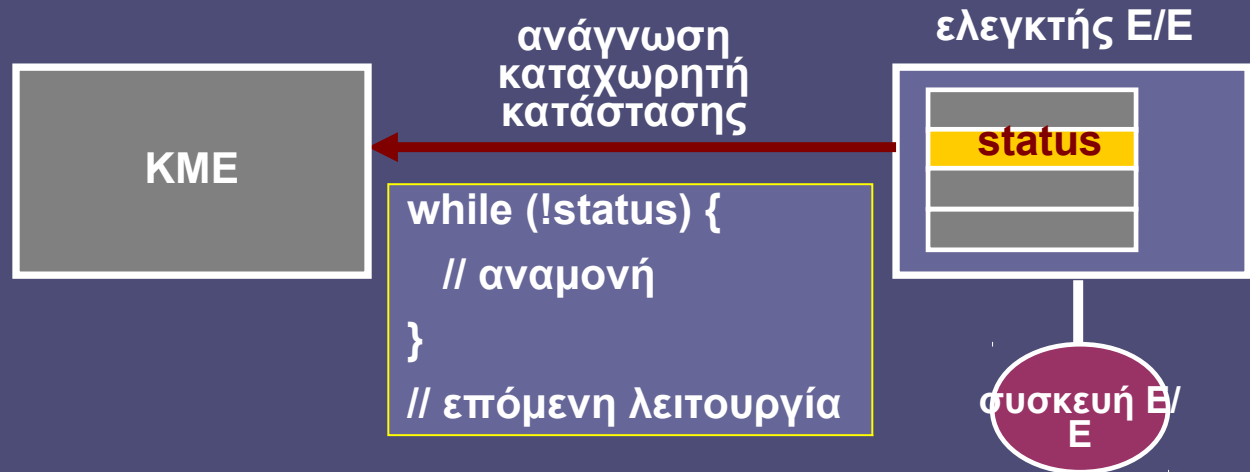
# Εξυπηρέτηση αιτήσεων E/E

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E

- Ολοκλήρωση αιτήσεων E/E
  - Υπερβολικά αργή λειτουργία συσκευών...
  - ...σε σχέση με την ταχύτητα της ΚΜΕ
- Η ΚΜΕ πρέπει να περιμένει!
  - Πώς γίνεται αντιληπτή η ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης E/E;
- Στη συνέχεια: μεταφορά δεδομένων από/προς συσκευές E/E
  - Ποιος αναλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων προς/από την κύρια μνήμη;

# Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E

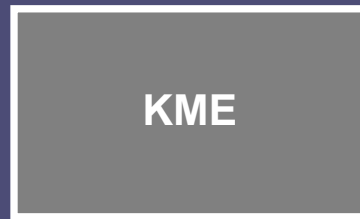
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- **Περιοδική ανάγνωση καταχωρητή κατάστασης**
  - Ολοκληρώθηκε η τρέχουσα αίτηση;
  - Εμφανίστηκε κάποια αλλαγή κατάστασης στη συσκευή E/E;
  - Επαναληπτική διαδικασία (**polling**)
  - Επιβάρυνση KME με άσκοπους κύκλους εκτέλεσης – για μεγάλο διάστημα η κατάσταση θα παραμένει σταθερή περιμένοντας τη συσκευή E/E

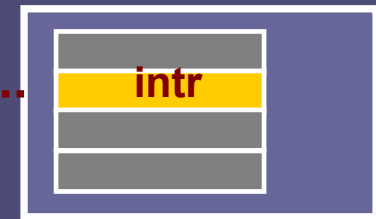
# Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E (2)

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



Ασύγχρονη  
ειδοποίηση  
KME

ελεγκτής E/E



συσσκευή E/  
E

<εκτέλεση  
άλλης  
διεργασίας>

```
JobA() {
```

```
...
```

```
ΑίτησηE/E();
```

```
...
```

```
}
```

```
ISR() {
```

```
<επιστροφή στο  
jobA>
```

```
}
```

1.

2. διακοπή

3.

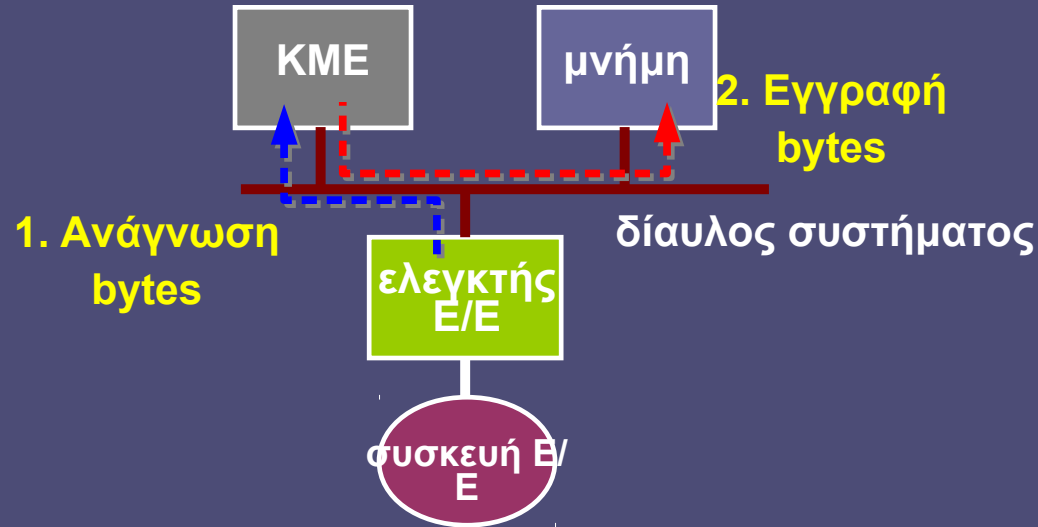
## ■ Ασύγχρονη ειδοποίηση KME (interrupts)

- Ο ελεγκτής ειδοποιεί την KME για αλλαγή κατάστασης της συσκευής E/E
- Στο μεταξύ η KME μπορεί να εκτελεί άλλη διεργασία
- Η διακοπή θα προκαλέσει την εκτέλεση ρουτίνας εξυπηρέτησης διακοπής (interrupt service routine – ISR)



# Μετακίνηση δεδομένων από/προς μνήμη

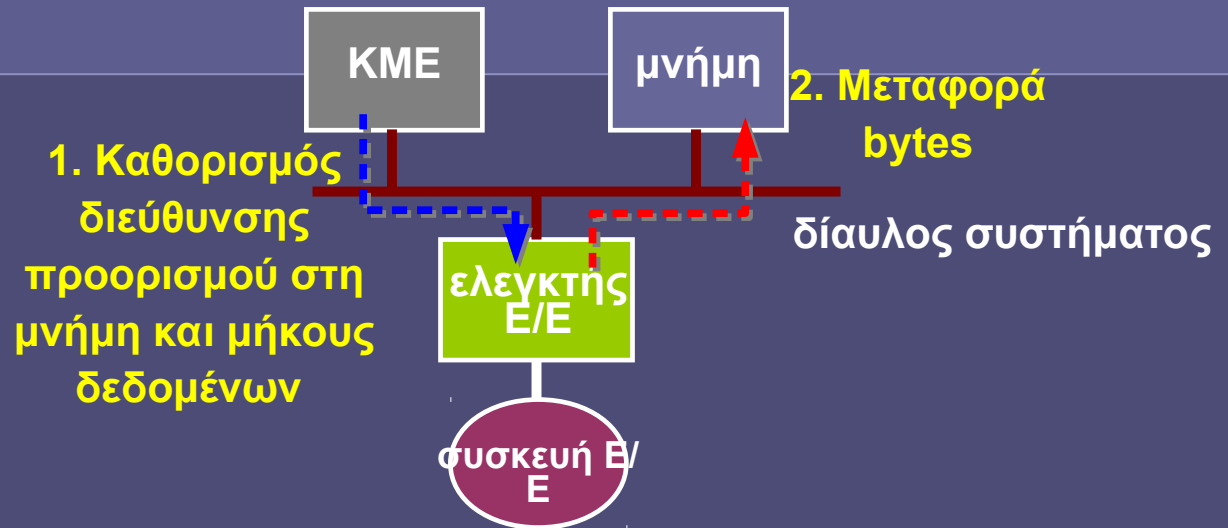
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- Μετά από ολοκλήρωση αίτησης E/E – υπάρχουν έτοιμα δεδομένα από τη συσκευή
- Η ΚΜΕ **επαναληπτικά** διαβάζει τα δεδομένα από τον ελεγκτή E/E και τα γράφει στη μνήμη (ή το αντίστροφο για δεδομένα προς τη συσκευή)
- Σημαντική επιβάρυνση της ΚΜΕ!

# Direct Memory Access (DMA)

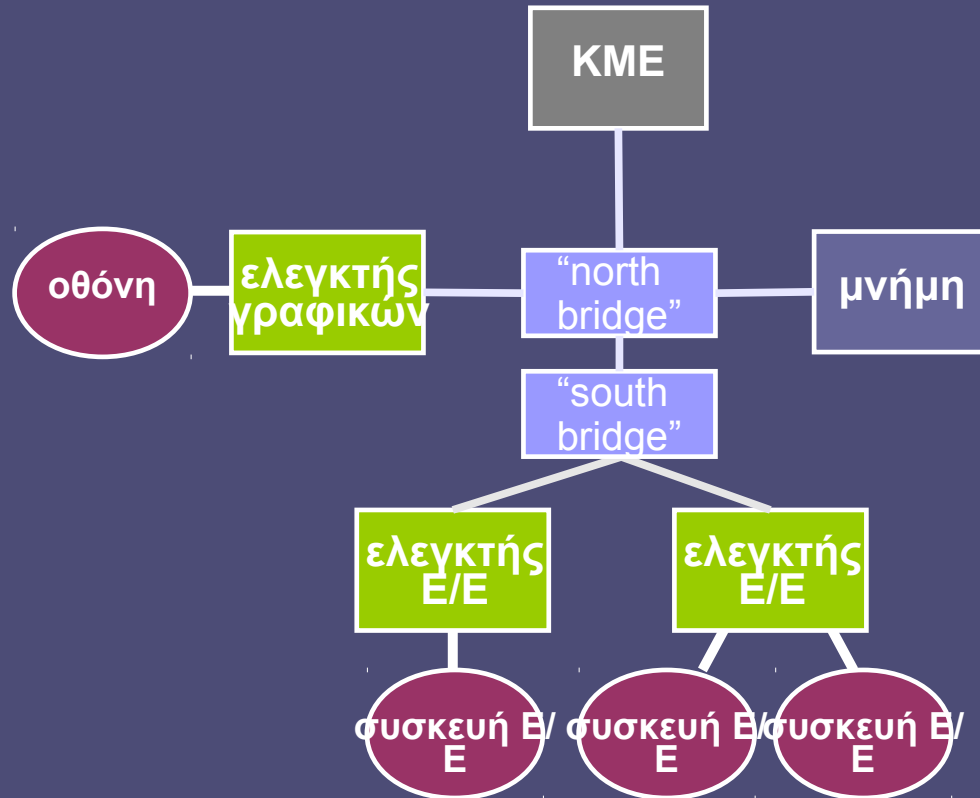
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- Η ΚΜΕ απλά θέτει τις παραμέτρους της μεταφοράς
  - Διευθύνσεις πηγής-προορισμού, μέγεθος δεδομένων
- Ο ελεγκτής διεκδικεί τον δίαυλο του συστήματος και μεταφέρει τα δεδομένα **απευθείας** προς/από τη μνήμη
  - Η ΚΜΕ μπορεί να εκτελεί άλλη διεργασία
  - Πιθαμή σύγκρουση στη χρήση μνήμης, αλλά ή ΚΜΕ έχει και την κρυφή μνήμη!

# Η διασύνδεση συσκευών E/E σήμερα

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- Στα σύγχρονα συστήματα οι ελεγκτές E/E **δεν** **συνδέονται απ'ευθείας** στον δίαυλο της KME
  - Το μοντέλο λειτουργίας όμως παραμένει το ίδιο!