

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής  
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών  
2022-23

## Οργάνωση Υπολογιστών (III)

(συσκευές εισόδου-εξόδου)

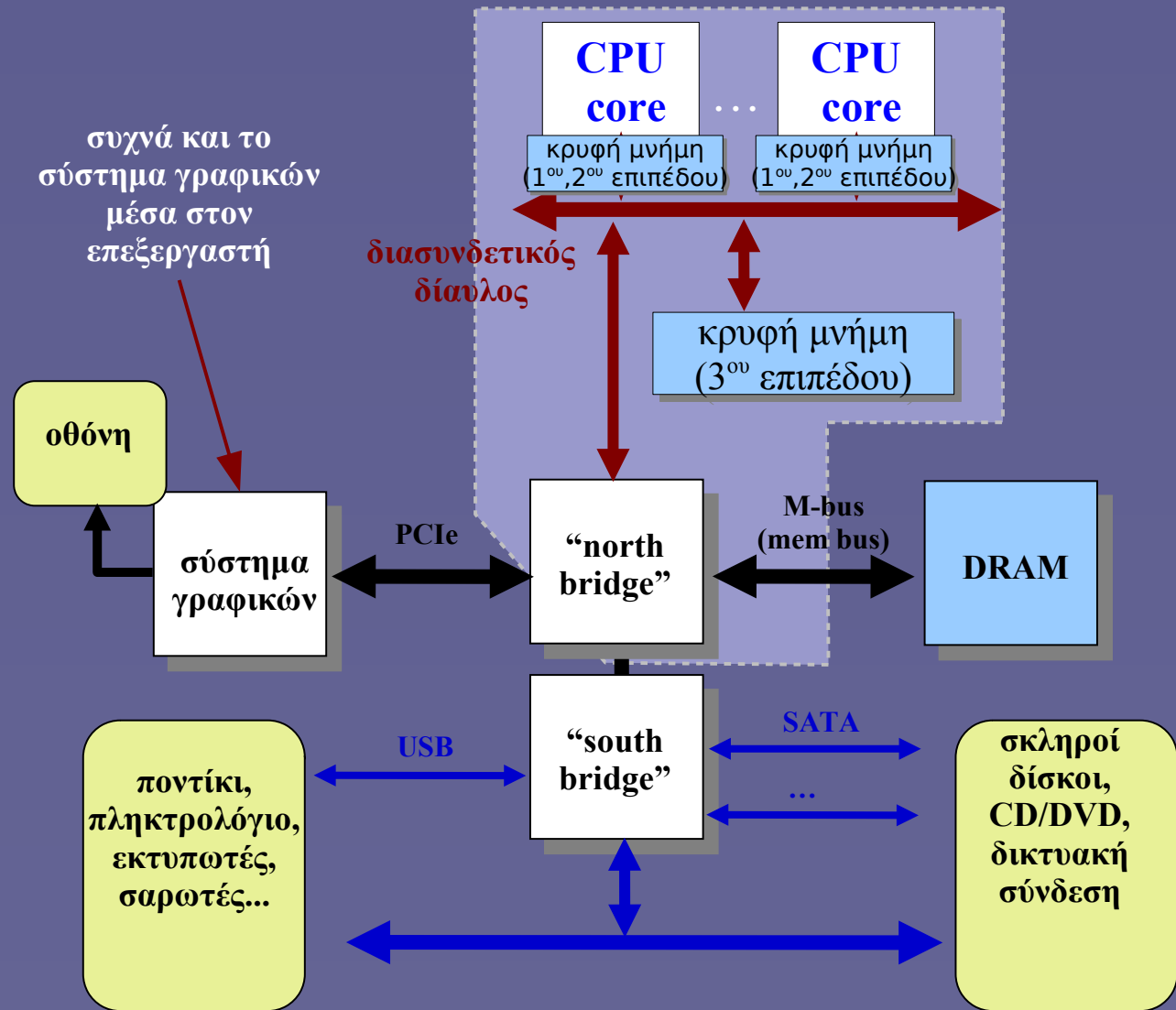
<http://mixstef.github.io/courses/csintro/>

Μ.Στεφανιδάκης



# Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα

- Εισαγωγή



# Είσοδος – Έξοδος στον υπολογιστή

- Εισαγωγή
- Συσκευές E/E

- **Συσκευές εισόδου-εξόδου (E/E)**
  - Τυπικά, 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

# Είσοδος – Έξοδος στον υπολογιστή

- Εισαγωγή
- Συσκευές E/E

- **Ρυθμοί μεταφοράς - παραδείγματα**

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

# Βασικές συσκευές Ε/Ε

- Εισαγωγή
- 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

# Βασικές συσκευές Ε/Ε

- Εισαγωγή
- Συσκευές Ε/Ε

- **Αποθηκευτικά μέσα**
  - Μαγνητικοί και οπτικοί δίσκοι
  - Solid State Drives (SSDs)
    - Είδος μνήμης με λειτουργικά χαρακτηριστικά δίσκου
- **Θεωρούνται ως δευτερεύουσα μνήμη**
  - Εκατοντάδες χιλιάδες φορές αργότερα από κύρια μνήμη
  - Τα δεδομένα πρέπει **πρώτα να περάσουν στην κύρια μνήμη** και μετά στην ΚΜΕ

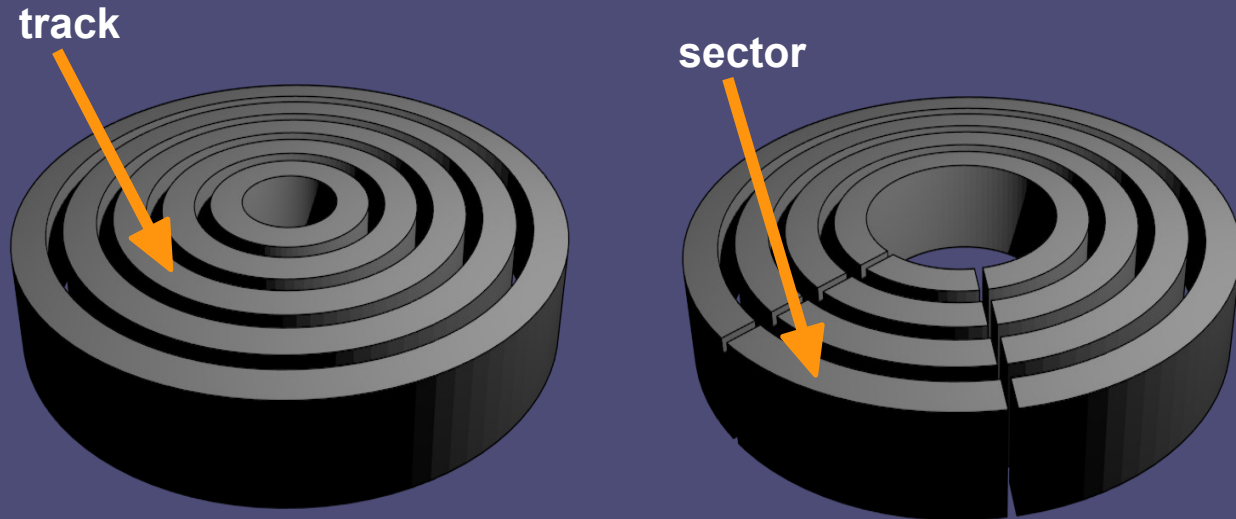
# Μαγνητικοί δίσκοι

- Εισαγωγή
- 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
- 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
- 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!

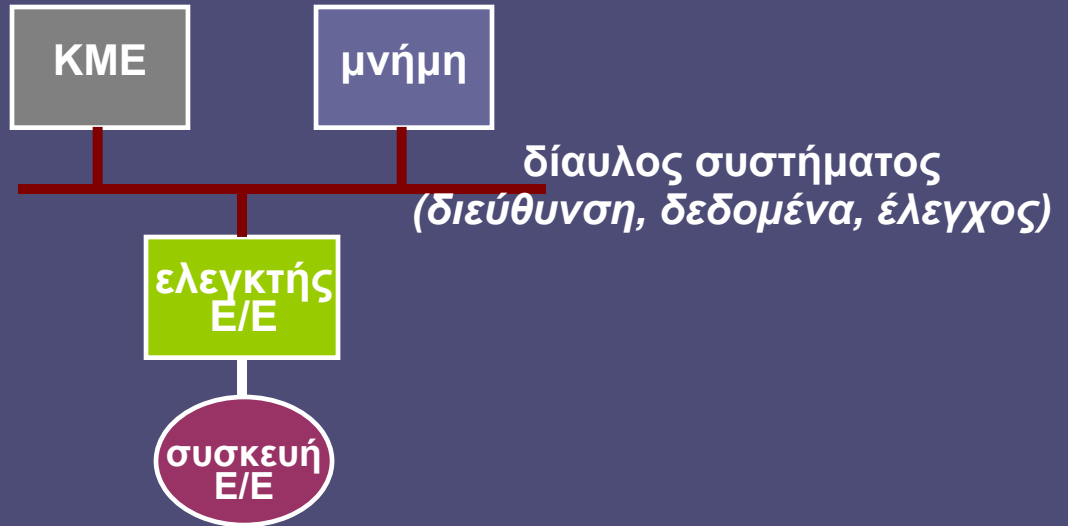
# Solid State Drives (SSDs)

- Εισαγωγή
- Συσκευές E/E

- Δεν έχουν μηχανικά μέρη
- «Δίσκοι» μνήμης 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 μνήμης
- Καλύτερες επιδόσεις από μαγνητικούς δίσκους

# Διασύνδεση συσκευών E/E

- Εισαγωγή
- 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)

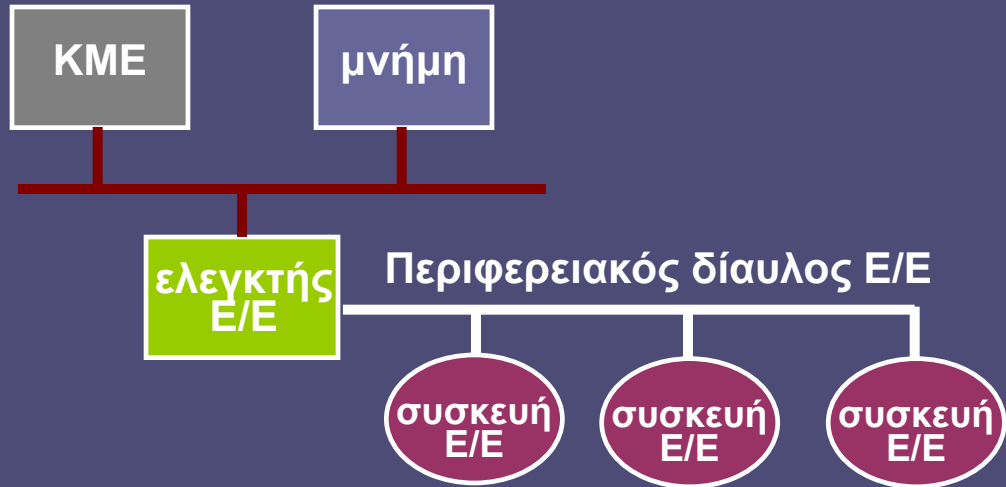
# Επικοινωνία συσκευών-ελεγκτή E/E

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

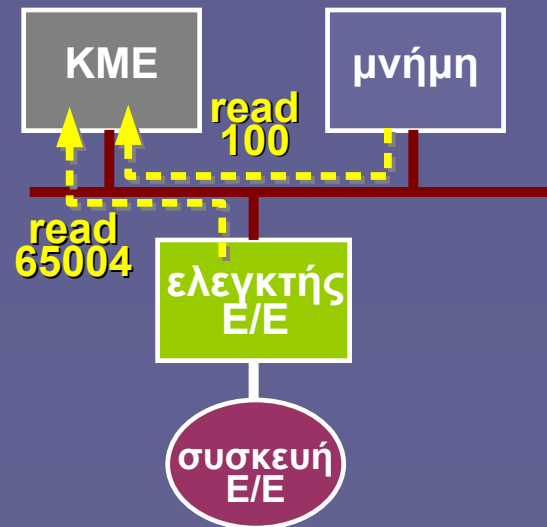
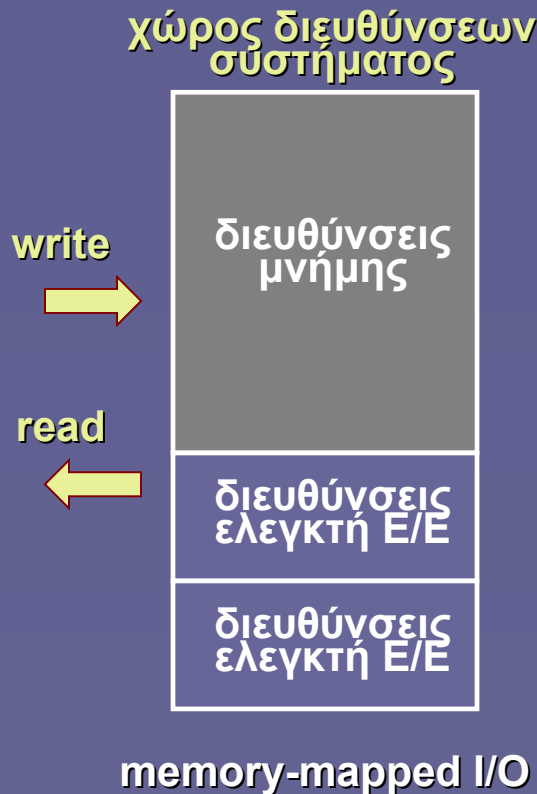


Η τοπολογία κάθε περιφερειακού διαύλου μπορεί να είναι τελείως διαφορετική

- 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)

# Χώροι διευθύνσεων για E/E

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



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

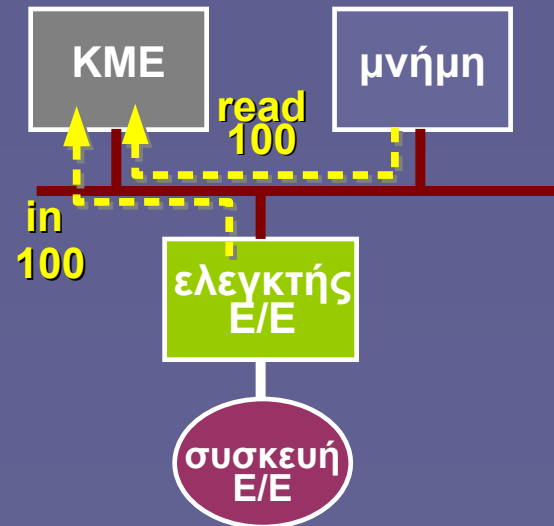
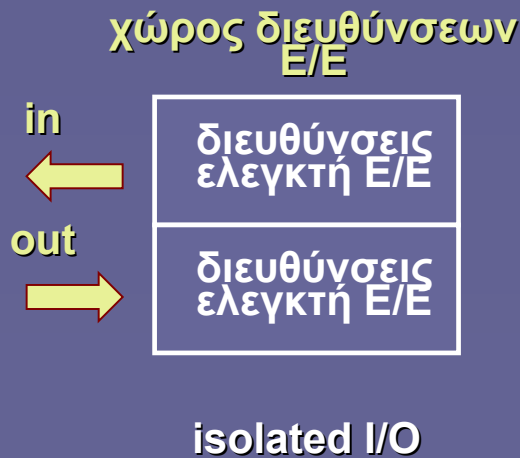
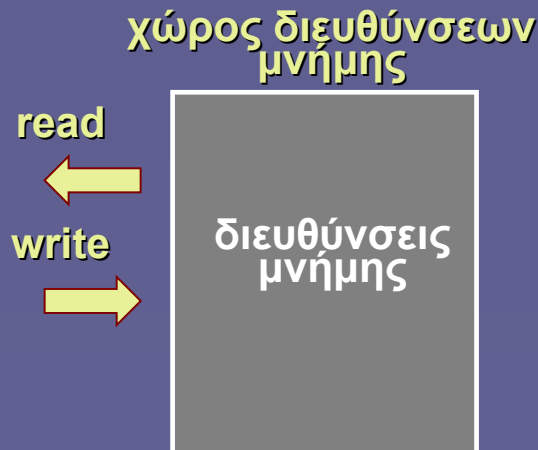
- Διευθύνσεις E/E στον χώρο μνήμης
- Κοινές εντολές προσπέλασης μνήμης και E/E (π.χ. read, write)

# Χώροι διευθύνσεων για E/E

- Εισαγωγή
- 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 διευθύνσεων  
(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

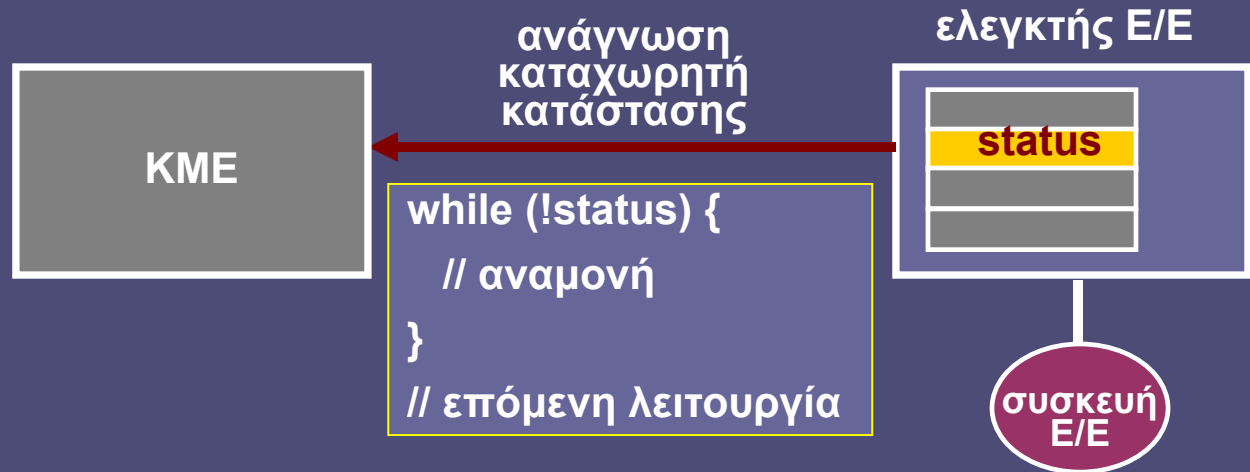
- Εισαγωγή
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E

- 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

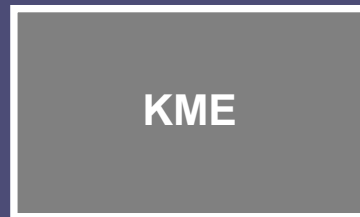
- Εισαγωγή
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



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

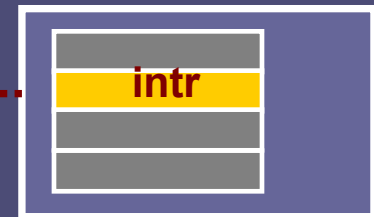
# Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E (2)

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



Ασύγχρονη  
ειδοποίηση  
KME

ελεγκτής E/E



```
JobA() {
```

```
...
```

```
ΑίτησηE/E();
```

```
...
```

```
}
```

```
ISR() {
```

```
<επιστροφή στο  
jobA>
```

```
}
```

<εκτέλεση  
άλλης  
διεργασίας>

1.

2. διακοπή

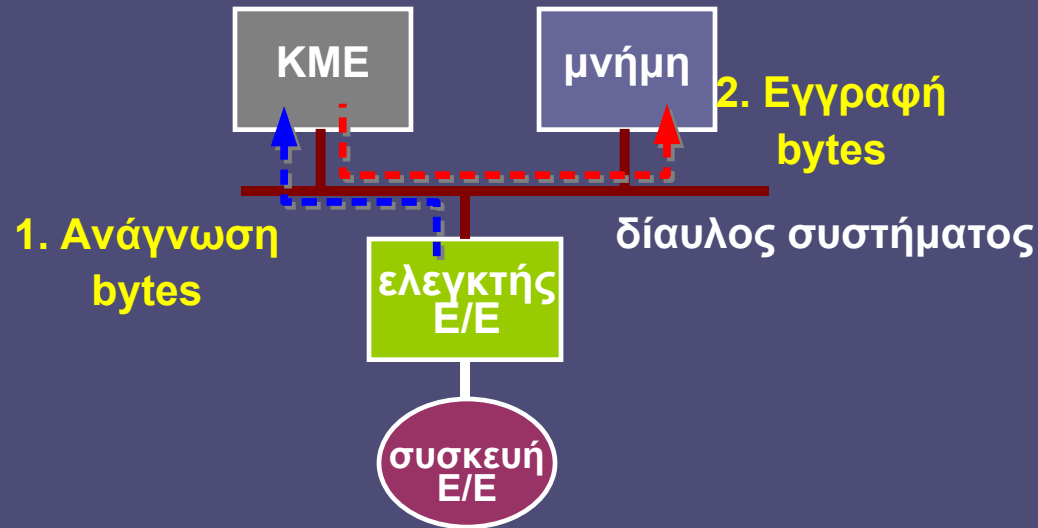
3.

## ■ 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

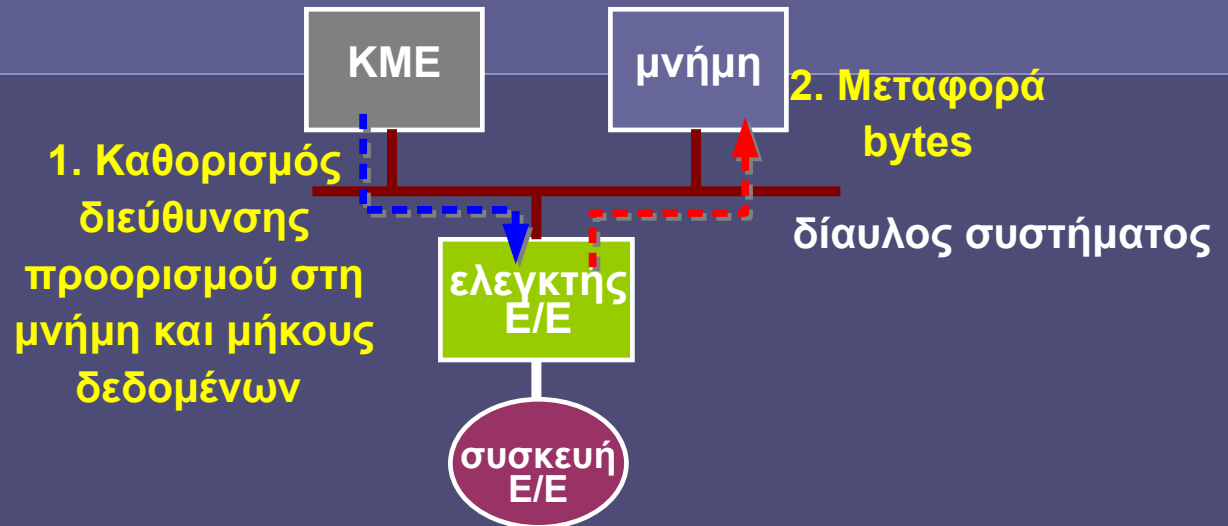
- Εισαγωγή
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- 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)

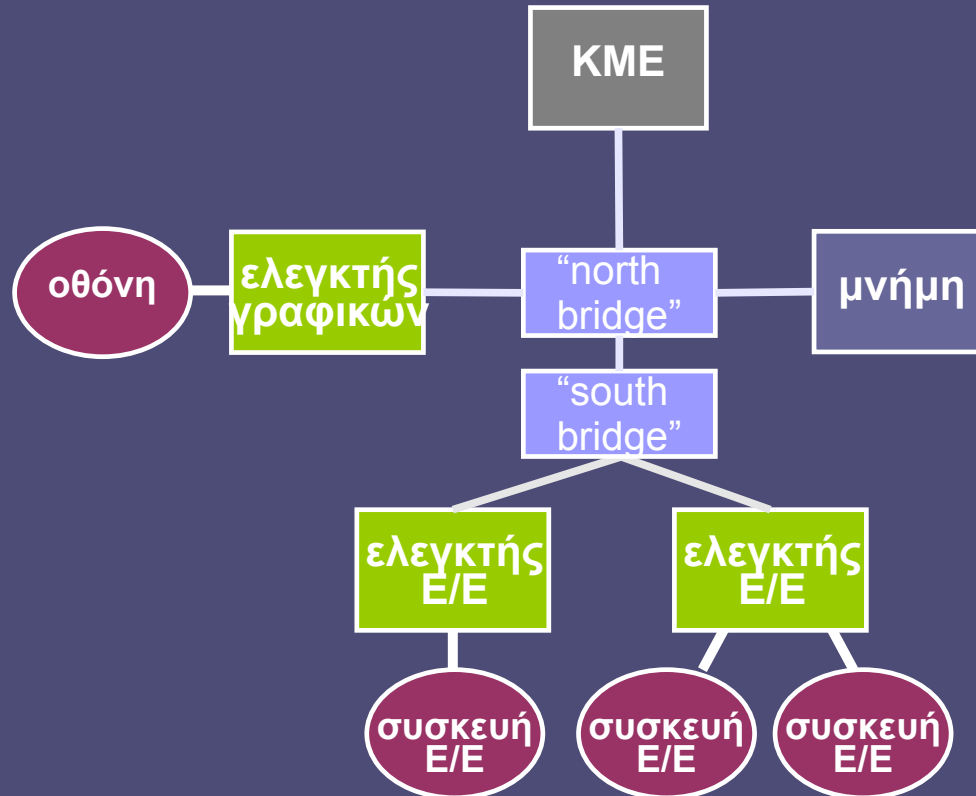
- Εισαγωγή
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- 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
  - Πιθανή σύγκρουση στη χρήση της κύριας μνήμης, αλλά η ΚΜΕ έχει και την κρυφή μνήμη για την άντληση δεδομένων

# Η διασύνδεση συσκευών E/E σήμερα

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



- Στα σύγχρονα συστήματα οι ελεγκτές E/E **δεν** **συνδέονται απευθείας** στον δίαυλο της ΚΜΕ
  - Το μοντέλο λειτουργίας όμως παραμένει το ίδιο!