

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών
2020-21

Οργάνωση Υπολογιστών (III)

(συσκευές εισόδου-εξόδου)

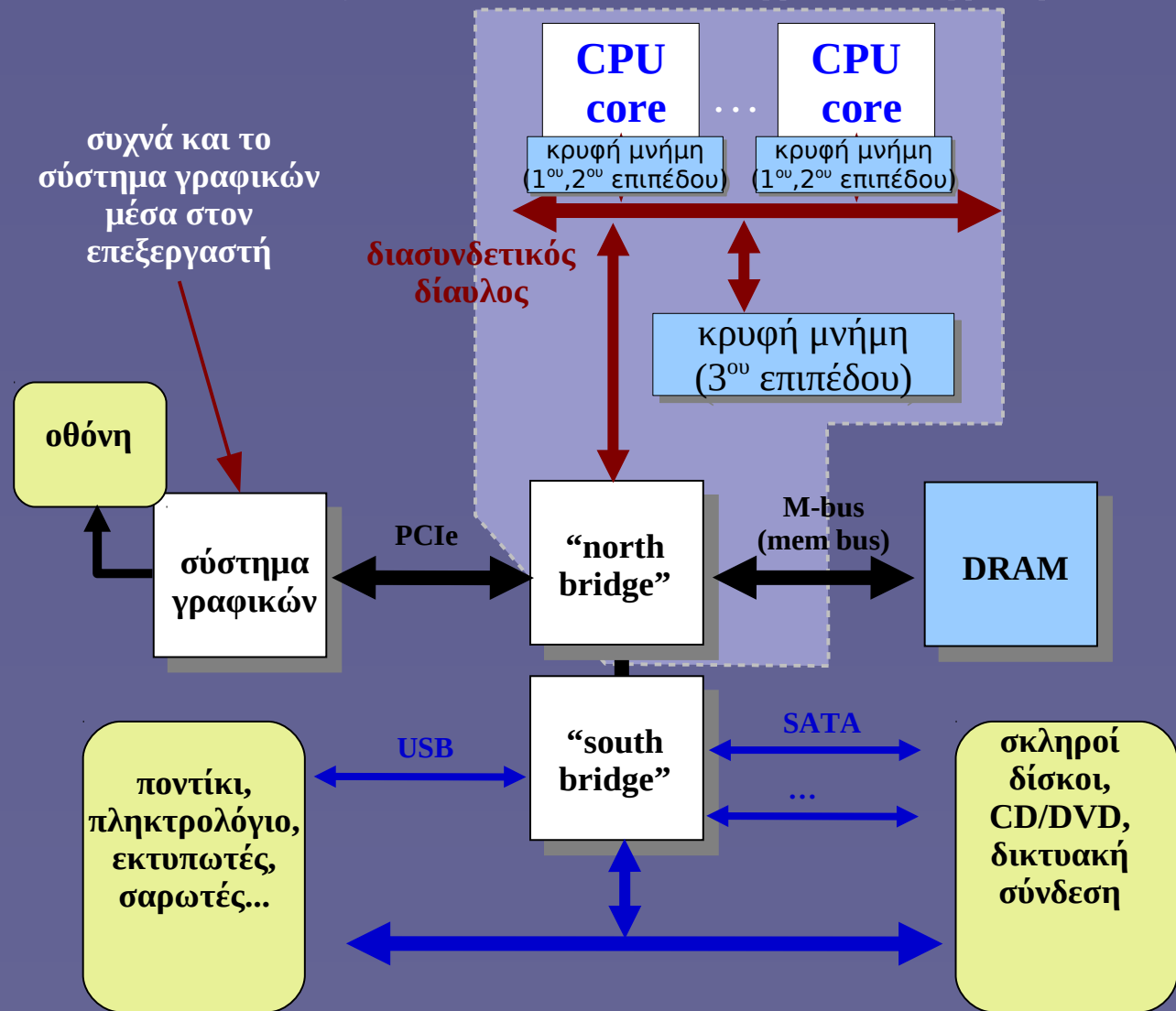
<http://mixstef.github.io/courses/csintro/>

Μ.Στεφανιδάκης



Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα

- Εισαγωγή



Είσοδος – Έξοδος στον υπολογιστή

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσσκευές E/E

- **Συσσκευές εισόδου-εξόδου (E/E)**
 - Συμβατικά: οτιδήποτε εκτός από ΚΜΕ και μνήμη
 - Συσσκευές 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)
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
- 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

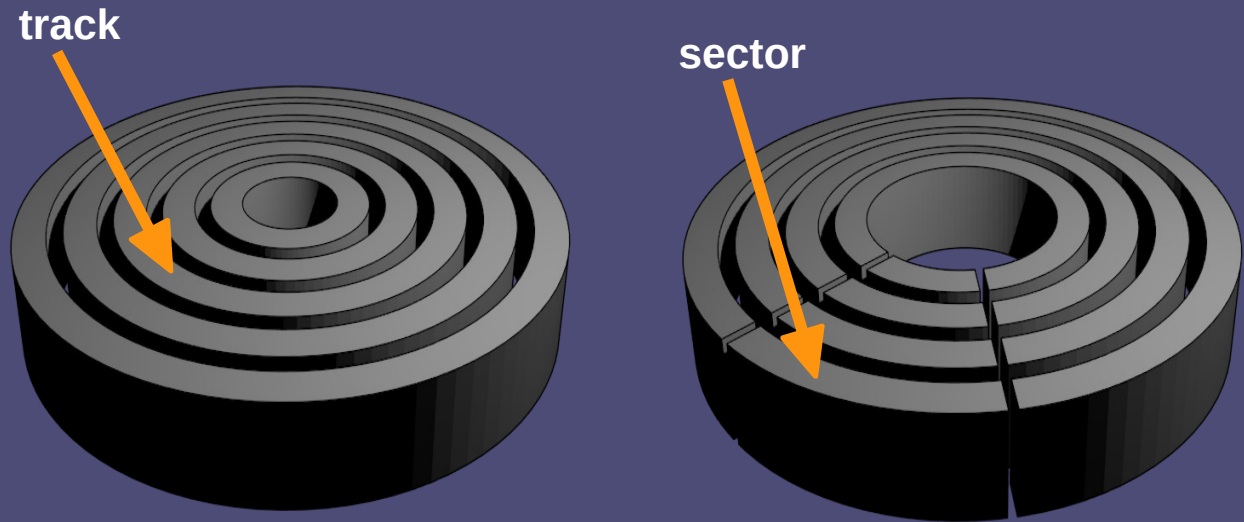
Μαγνητικοί δίσκοι

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσσκευές 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
- Δίσκοι
- Συσκευές Ε/Ε



- 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
- Δίσκοι
- 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!

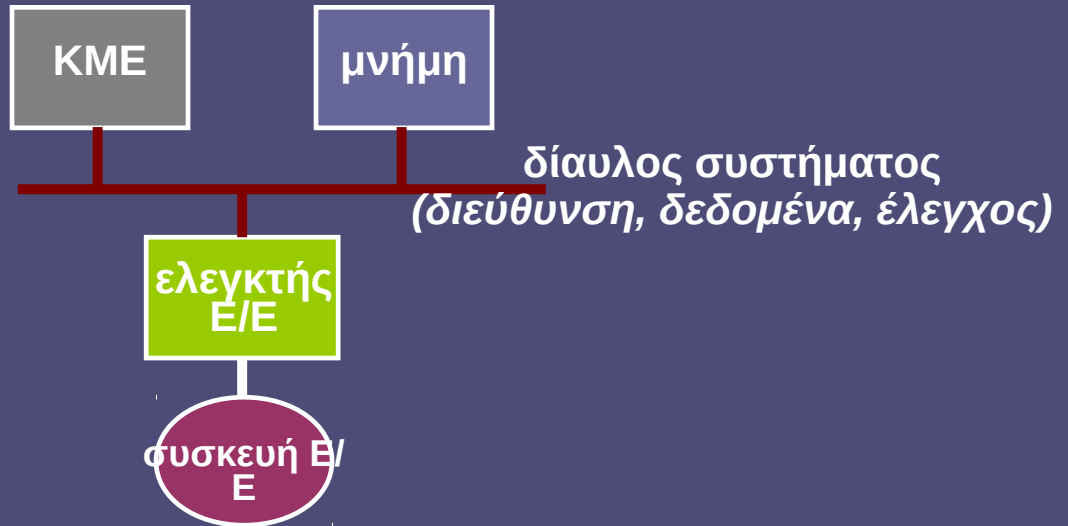
“Δίσκοι” μνήμης μόνιμης αποθήκευσης

- 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

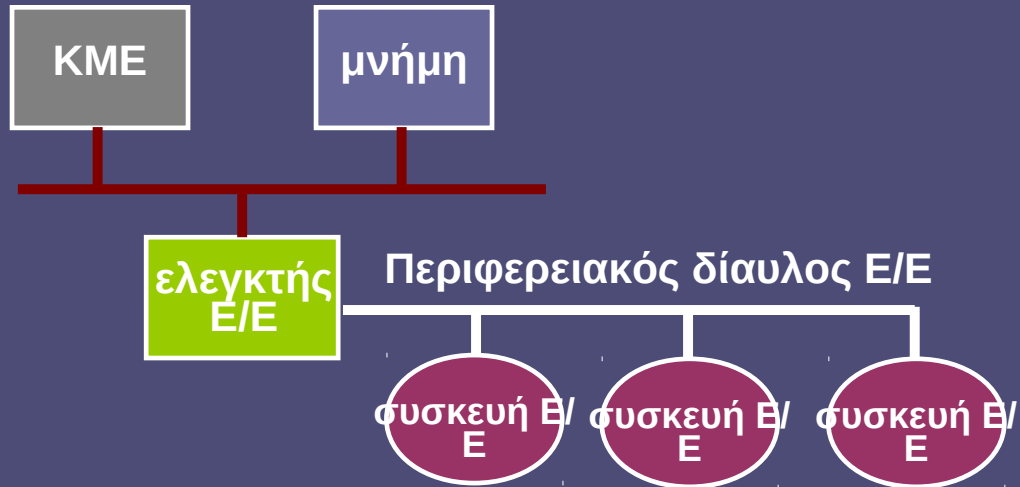
- Πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάλογο της φύσης της συσκευής
 - Χαρακτήρες για πληκτρολόγιο-εκτυπωτή
 - Πληροφορία χρώματος για οθόνη
 - Πακέτα δεδομένων για το δίκτυο
 - Μεταφορά μπλοκ δεδομένων για δίσκους
- Ο ελεγκτής E/E αναλαμβάνει τη **μετάφραση** μεταξύ της “γλώσσας” της συσκευής και των αιτήσεων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

Περιφερειακοί δίαυλοι E/E

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



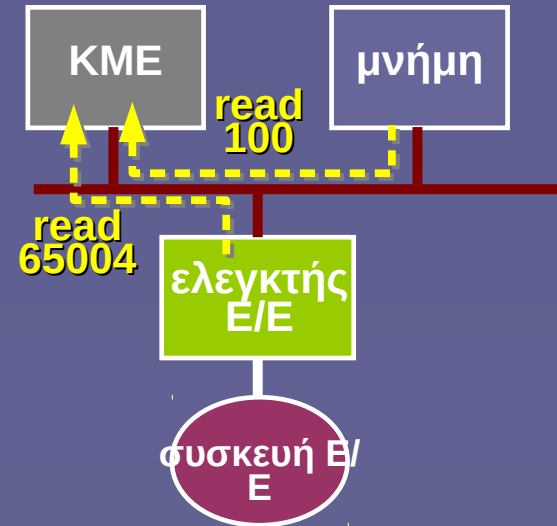
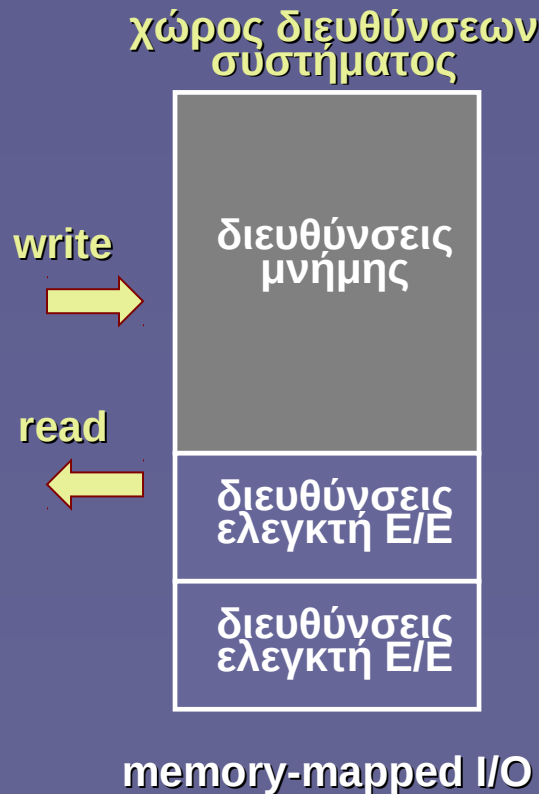
Η τοπολογία κάθε περιφερειακού διαύλου μπορεί να είναι τελείως διαφορετική



- 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)

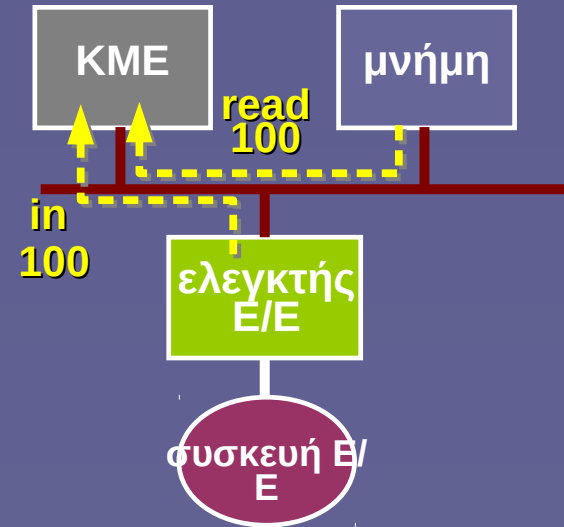
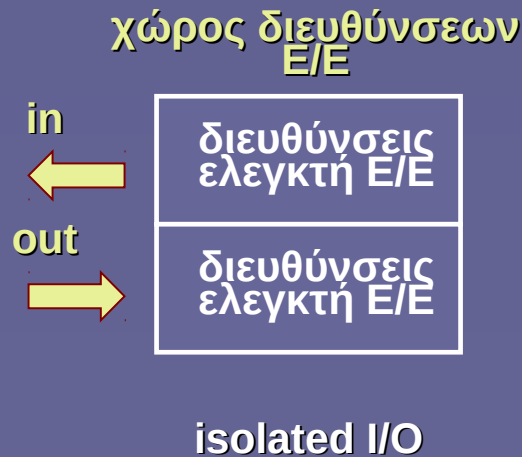
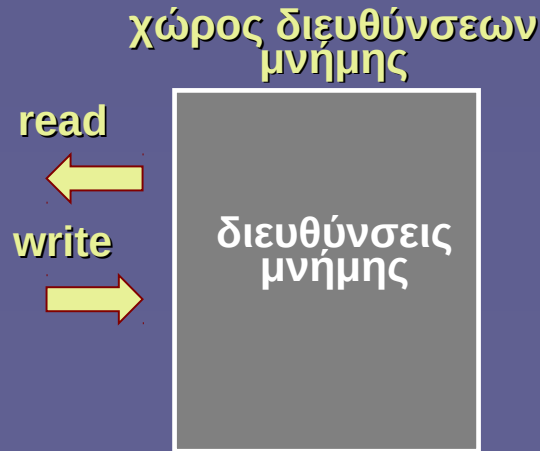
- Διευθύνσεις E/E στον χώρο μνήμης
- Κοινές εντολές προσπέλασης μνήμης και E/E (π.χ. read, write)

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

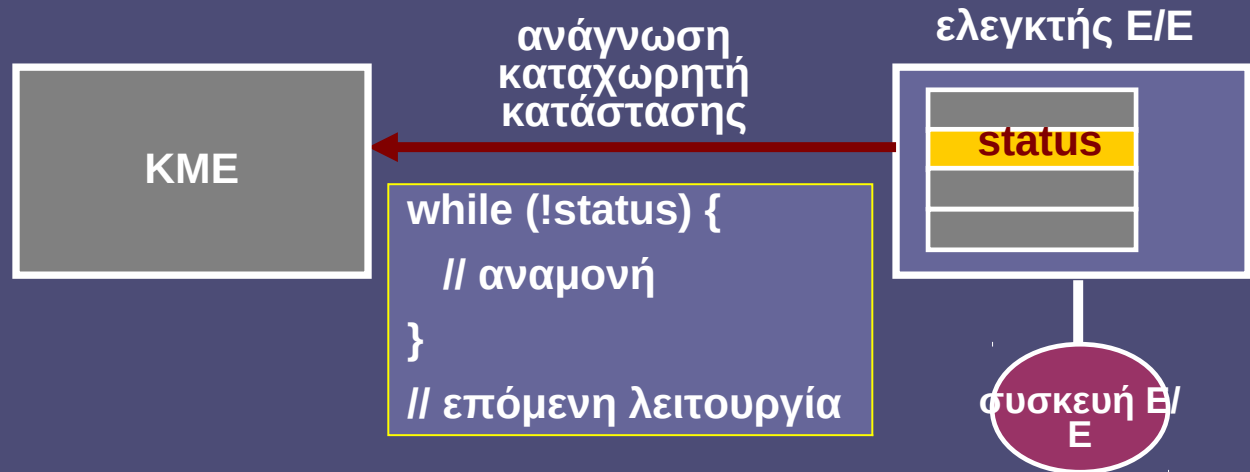
Εξυπηρέτηση αιτήσεων E/E

- 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
- Συσσκευές 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

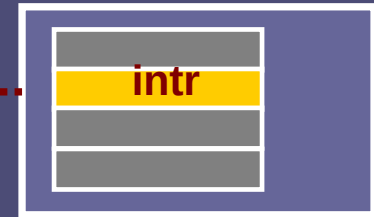
Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E (2)

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσσκευές 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>
```

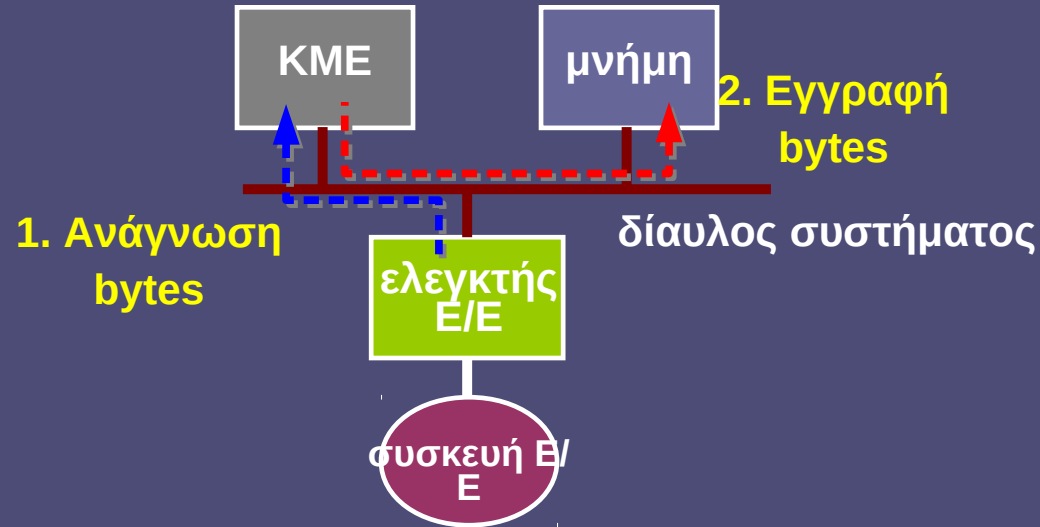
```
}
```

■ 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

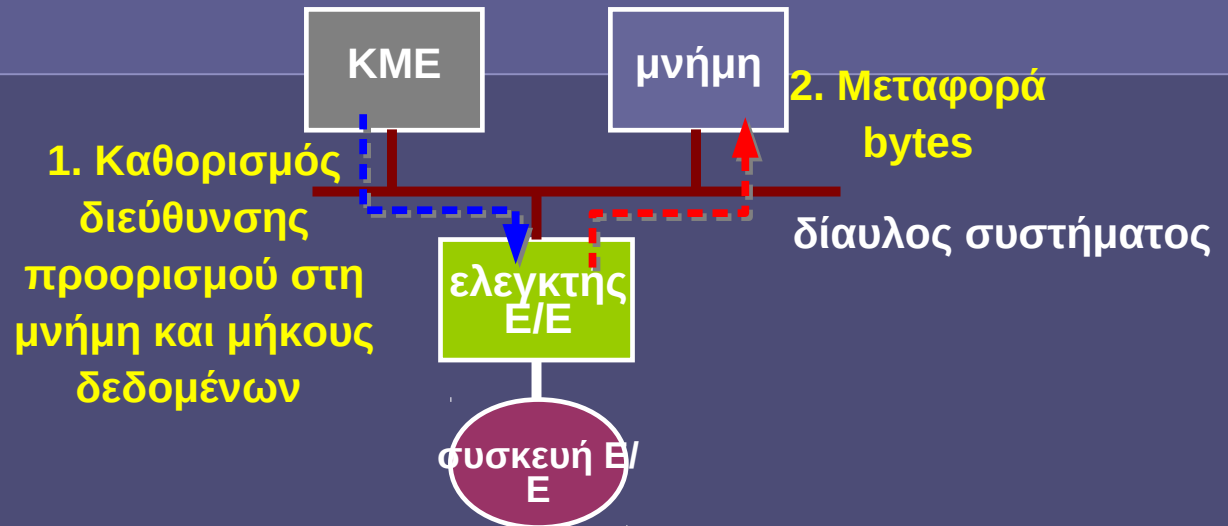
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- 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)

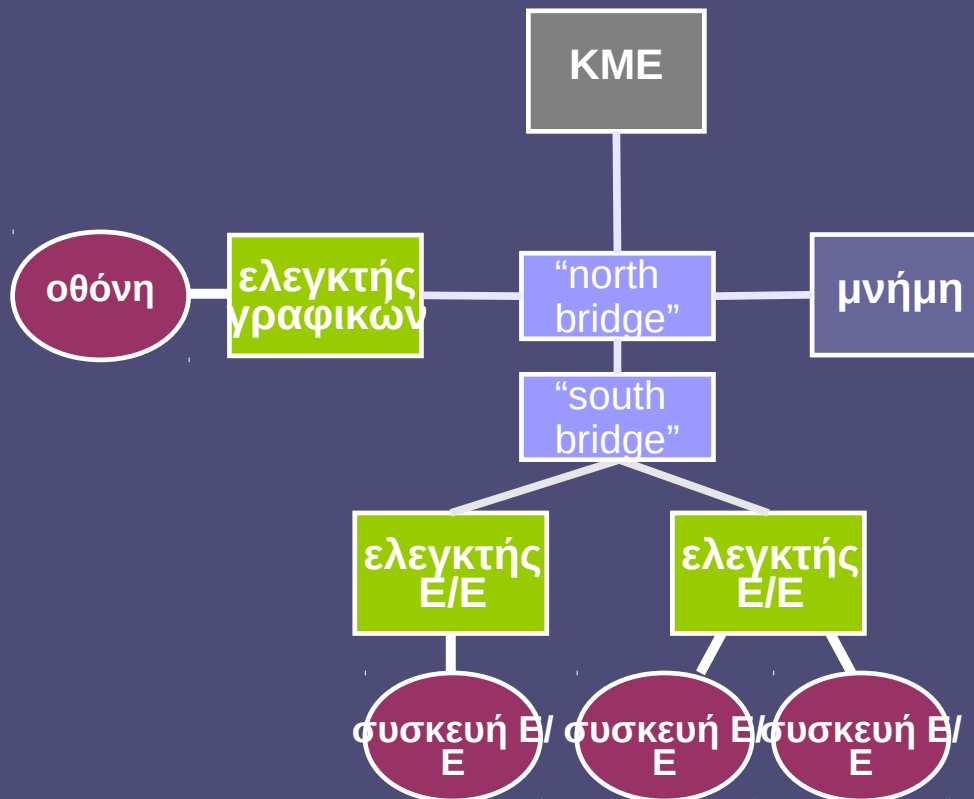
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- 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 ΚΜΕ
 - Το μοντέλο λειτουργίας όμως παραμένει το ίδιο!