

Οργάνωση Υπολογιστών (III)

(συσκευές εισόδου-εξόδου)

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



Μ.Στεφανιδάκης

Είσοδος – Έξοδος στον υπολογιστή

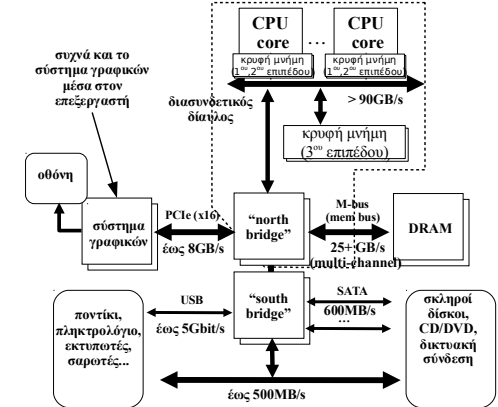
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E

- **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)
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

Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα

- Εισαγωγή



οι ρυθμοί μεταφοράς που δίνονται είναι οι θεωρητικά μέγιστοι!
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών – “Οργάνωση Υπολογιστών (III)”

Βασικές συσκευές E/E

- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E

;

Η πληροφορία σε οθόνη διαστάσεων 1280x1024 pixels αναανεομένεται 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

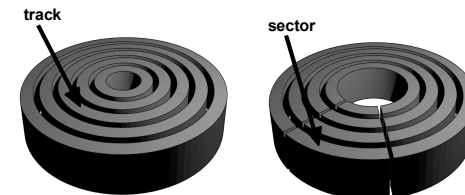
Μαγνητικοί δίσκοι

- Εισαγωγή
- Διάλογοι
- 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
- Διάλογοι
- 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
- Διάλογοι
- 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!

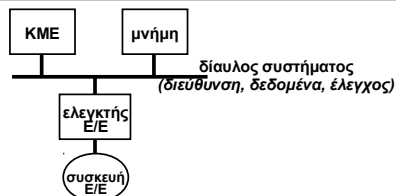
“Δίσκοι” μνήμης μόνιμης αποθήκευσης

- Εισαγωγή
- Διάλογοι
- 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)

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

9

Επικοινωνία συσκευών-ελεγκτή E/E

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

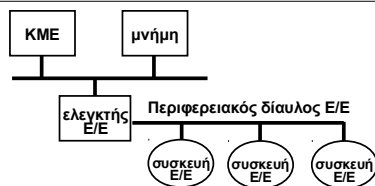
- Πρωτόκολλο επικοινωνίας ανάλογο της φύσης της συσκευής
 - Χαρακτήρες για πληκτρολόγιο-εκτυπωτή
 - Πληροφορία χρώματος για οθόνη
 - Πακέτα δεδομένων για το δίκτυο
 - Μεταφορά μπλοκ δεδομένων για δίσκους
- Ο ελεγκτής E/E αναλαμβάνει τη μετάφραση μεταξύ της “γλώσσας” της συσκευής και των αιτήσεων ανάγνωσης-εγγραφής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

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

10

Περιφερειακοί δίαυλοι E/E

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



- 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

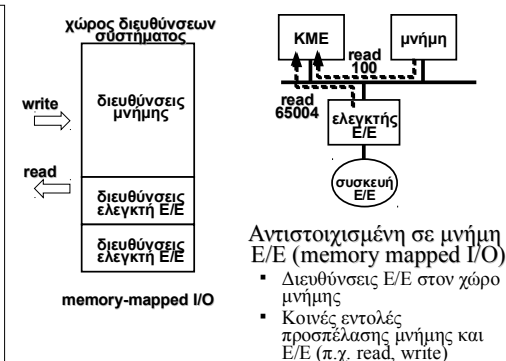
i
Η τοπολογία κάθε περιφερειακού διαύλου μπορεί να είναι τελείως διαφορετική

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

11

Χώροι διευθύνσεων για E/E

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



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

12

Χώροι διευθύνσεων για E/E

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

Υλοποίηση απομονωμένου χώρου διευθύνσεων E/E:

Στον διαύλο διασυνδέσεις η ΚΜΕ παράγει, εκτός από τη διευθύνση, ένα σήμα που επιλέγει χώρο (π.χ. M/IO'):

The diagram illustrates a shared address bus architecture. At the top, a horizontal bus is shown with two upward-pointing arrows labeled 'in' and 'out'. Above the bus are two blocks: 'ΚΜΕ' (CPU) on the left and 'μνήμη' (memory) on the right. Below the bus is a block labeled 'ΕΛΕΓΚΤΗΣ E/E' (E/E controller). A dashed line labeled 'read 100' connects the bus to the memory block. A solid line labeled '100' connects the bus to the E/E controller block. Below the E/E controller is a circular block labeled 'συσκευή E/E' (E/E device). To the left of the bus, there are two arrows: a left-pointing arrow labeled 'read' and a right-pointing arrow labeled 'write'. Below the bus, there are two boxes: the top one is labeled 'χώρος διευθύνσεων μνήμης' (memory address space) and contains the text 'διευθύνσεις μνήμης'; the bottom one is labeled 'χώρος διευθύνσεων E/E' (E/E address space) and contains the text 'διευθύνσεις ΕΛΕΓΚΤΗΣ E/E'. Below the E/E address space box is the text 'isolated I/O'.

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

13

Εξυπηρέτηση αιτήσεων Ε/Ε

<ul style="list-style-type: none"> • Εισαγωγή • Διάλογοι • Συσκευές Ε/Ε • Διασύνδεση Ε/Ε • Αιτήσεις Ε/Ε 	<ul style="list-style-type: none"> • Ολοκλήρωση αιτήσεων Ε/Ε <ul style="list-style-type: none"> ▪ Υπερβολικά αργή λειτουργία συσκευών... ▪ ...σε σχέση με την ταχύτητα της ΚΜΕ • Η ΚΜΕ πρέπει να περιμένει! <ul style="list-style-type: none"> ▪ Πώς γίνεται αντιληπτή η ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης Ε/Ε; • Στη συνέχεια: μεταφορά δεδομένων από/προς συσκευές Ε/Ε <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ποιος αναλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων προς/από την κύρια μνήμη;
--	---

Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E

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

```
graph LR
    KME[KME] -- "ανάγνωση καταχωρητή κατάστασης" --> EEDevice[E/E Device]
    subgraph KME_Code [KME Code]
        direction TB
        KME_Code_Text["while (!status) {  
// αναμονή  
}  
// επόμενη λειτουργία"]
    end
    EEDevice -- "ελεγκτής E/E" --> KME_Code_Text
    EEDevice --- Switch((συσκευή 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 παραμείνει σταθερή περιμένοντας τη συσκευή E/E

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

15

Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E (2)

• Εισαγωγή
• Διάλυση
• Συσκευές E/E
• Διασύνδεση E/E
• Αιτήσεις E/E

JobA() {
...
Αίτηση E/E() {
...
ISR() {
...
επιστροφή στο JobA()
}

ΚΜΕ

Ασύγχρονη ειδοποίηση ΚΜΕ

ελεγκτής E/E

INTR

συσκευή E/E

1

2' διακοπή

3. <επιστροφή στο JobA>

• Ασύγχρονη ειδοποίηση ΚΜΕ (interrupts)

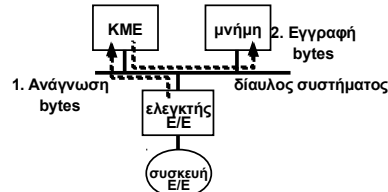
- Ο ελεγκτής ειδοποιεί την ΚΜΕ για αλλαγή κατάστασης της συσκευής E/E
- Στο μεταξύ η ΚΜΕ μπορεί να εκτελεί άλλη διεργασία
- Η διακοπή θα προκαλέσει την εκτέλεση ρουτίνας εξυπηρέτησης διακοπής (interrupt service routine – ISR)

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

16

Μετακίνηση δεδομένων από/προς μνήμη

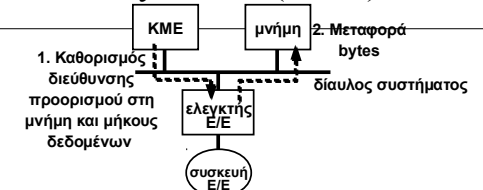
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- Μετά από ολοκλήρωση αίτησης E/E – υπάρχουν έτοιμα δεδομένα από τη συσκευή
- Η KME 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 KME!

Direct Memory Access (DMA)

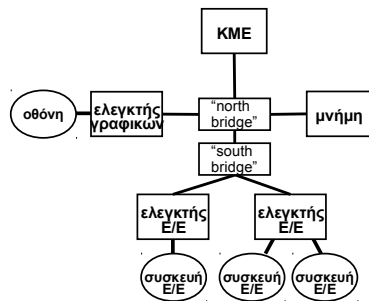
- Εισαγωγή
- Δίαυλοι
- Συσκευές E/E
- Διασύνδεση E/E
- Αιτήσεις E/E



- Η KME 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 KME μπορεί να εκτελεί άλλη διεργασία
 - Πιθαμή σύγκρουση στη χρήση μνήμης, αλλά η KME 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 απευθείας στον δίαυλο της KME
 - Το μοντέλο λειτουργίας όμως παραμένει το ίδιο!