

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών
2023-24

Οργάνωση Υπολογιστών (ΠΙ)

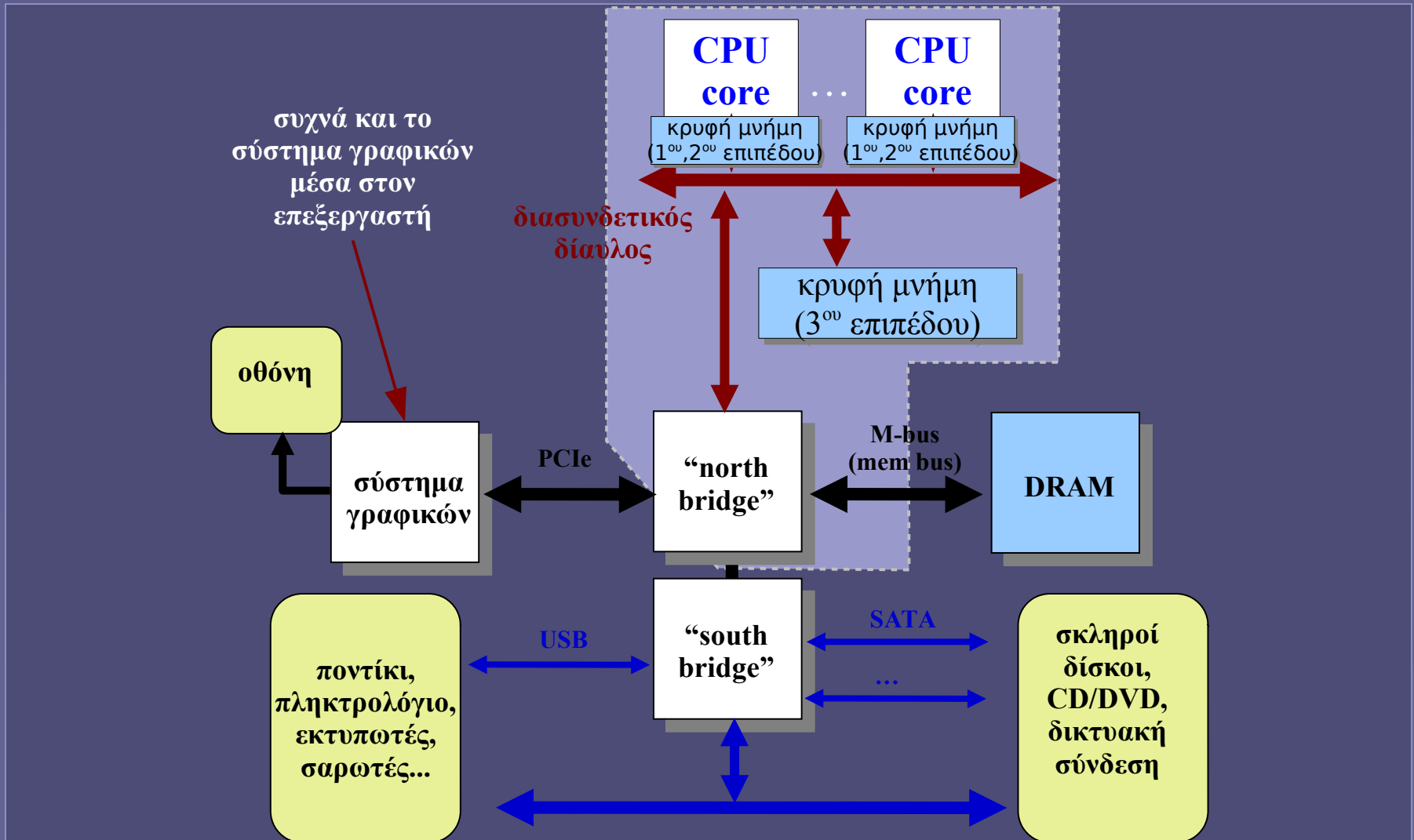
(συσκευές και δίαυλοι εισόδου-εξόδου)

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

Μ.Στεφανιδάκης



Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα σήμερα



Είσοδος – Έξοδος στον υπολογιστή

- **Συσκευές εισόδου-εξόδου (E/E)**
 - Τυπικά, οτιδήποτε εκτός από ΚΜΕ και ιεραρχία μνήμης
- **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

- 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

- Πληκτρολόγιο
 - Είσοδος από χρήστη – κωδικοί πλήκτρων
- Οθόνη
 - Έξοδος προς χρήστη – πληροφορία pixel

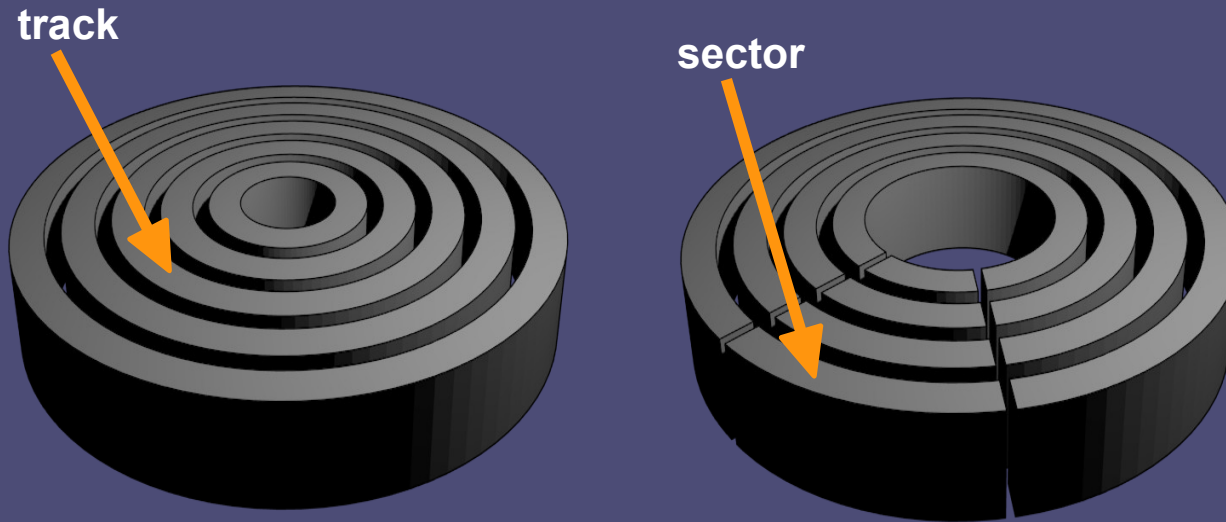
Βασικές συσκευές Ε/Ε

- **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 για επεξεργασία

Μαγνητικοί δίσκοι

- 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



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

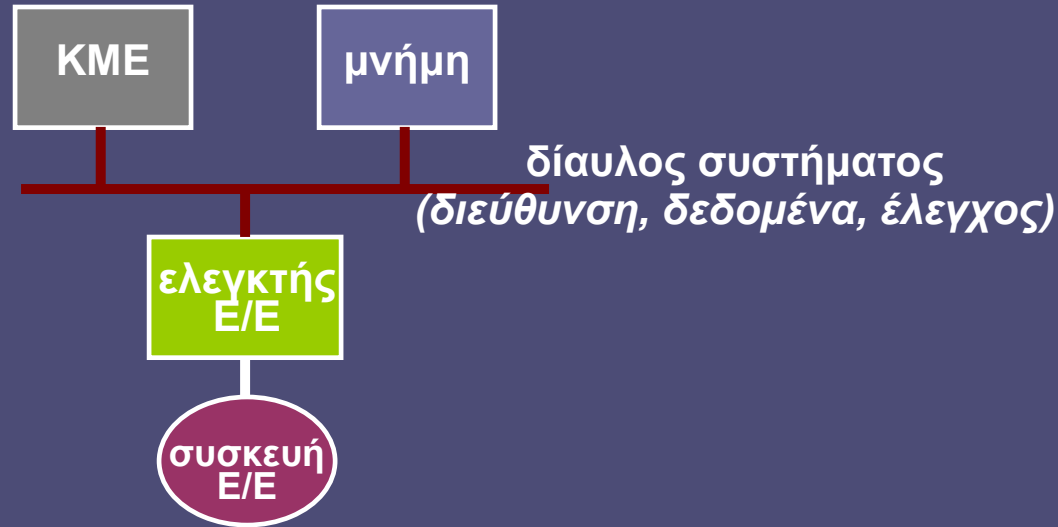
Προσπέλαση πληροφορίας στον δίσκο

- **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)

- 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
 - Υπάρχει ένα μέγιστο όριο διαγραφών
 - Η φθορά κατανέμεται αυτόματα σε όλα τα bits (wear leveling)
- Το σύστημα βλέπει τη μνήμη αυτή ως “δίσκο”
 - Ανάγνωση - εγγραφή σε blocks δεδομένων
 - **Όχι το παραδοσιακό μοντέλο διευθυνσιοδότησης μνήμης**
- Καλύτερες επιδόσεις από μαγνητικούς δίσκους (5-10x)

Διασύνδεση συσκευών E/E

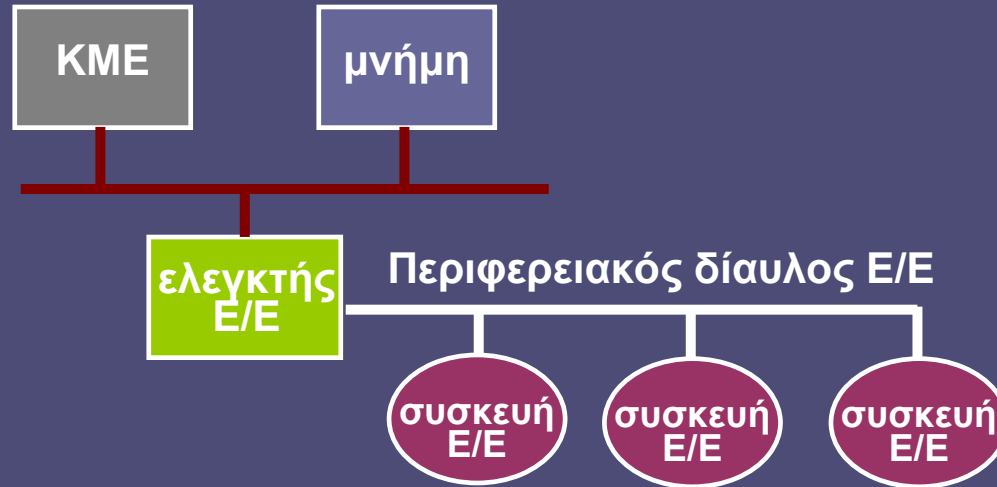


- Διασύνδεση στον δίαυλο του συστήματος μέσω ενός **ελεγκτή E/E** (I/O controller ή adapter)
- Ο ελεγκτής αναλαμβάνει την επικοινωνία με την **πολύ αργότερη** συσκευή E/E
- Για την ΚΜΕ, ο ελεγκτής **δεν είναι παρά ένα είδος «μνήμης»** (διαβάζει-γράφει σε αυτόν)

Επικοινωνία συσκευών-ελεγκτή Ε/Ε

- 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 Ε/Ε αναλαμβάνει τη μετάφραση μεταξύ της «γλώσσας» της συσκευής και των αιτήσεων ανάγνωσης-εγγραφής της ΚΜΕ

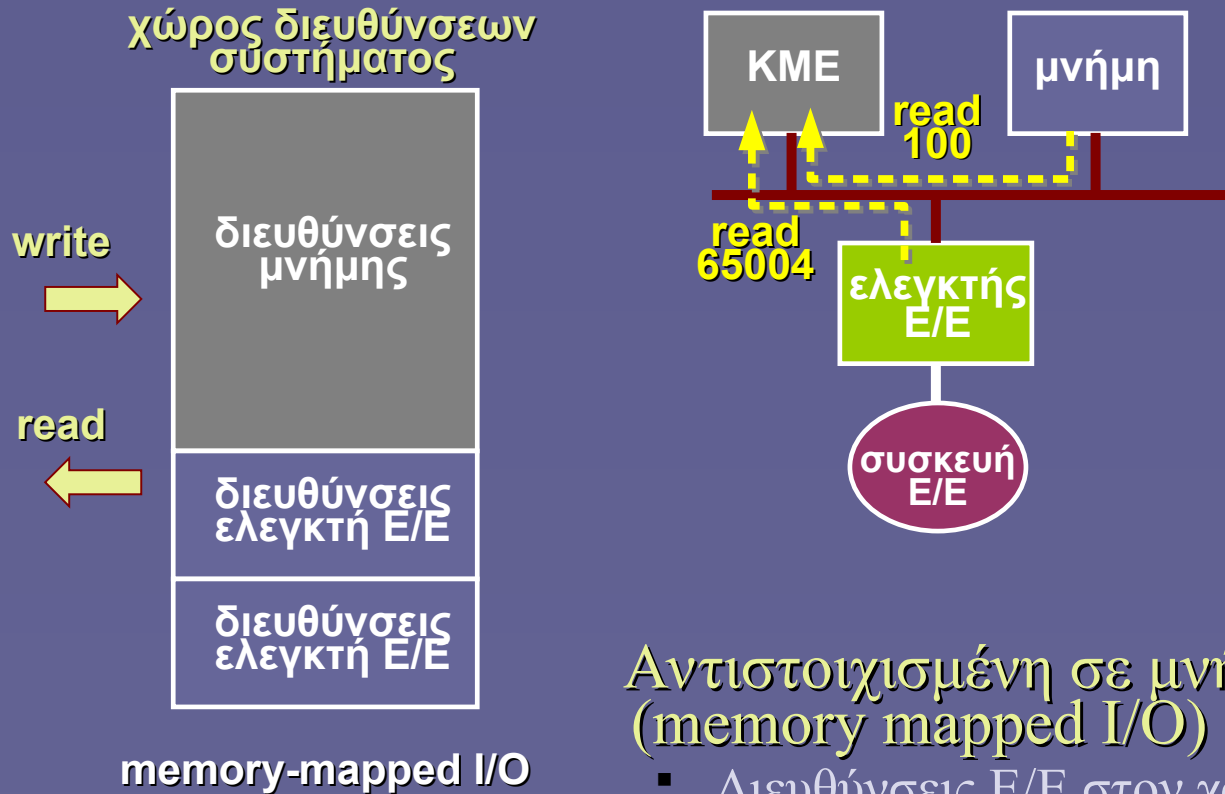
Περιφερειακοί δίαυλοι E/E



- Όταν η σύνδεση ελεγκτή και συσκευών E/E γενικεύεται

Η τοπολογία κάθε περιφερειακού διαύλου μπορεί να είναι τελείως διαφορετική

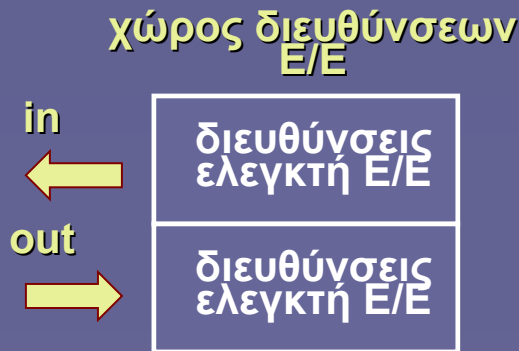
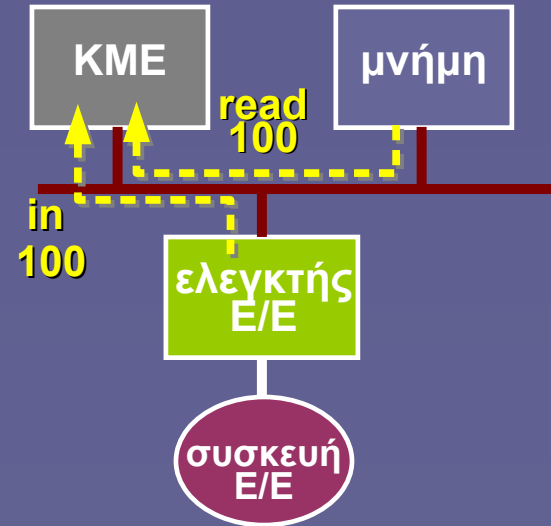
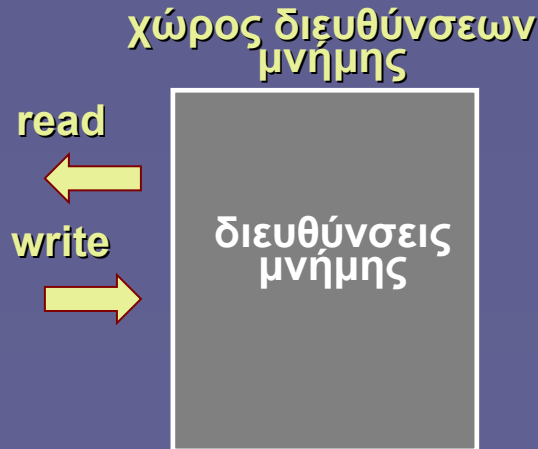
Χώροι διευθύνσεων για E/E



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



isolated I/O

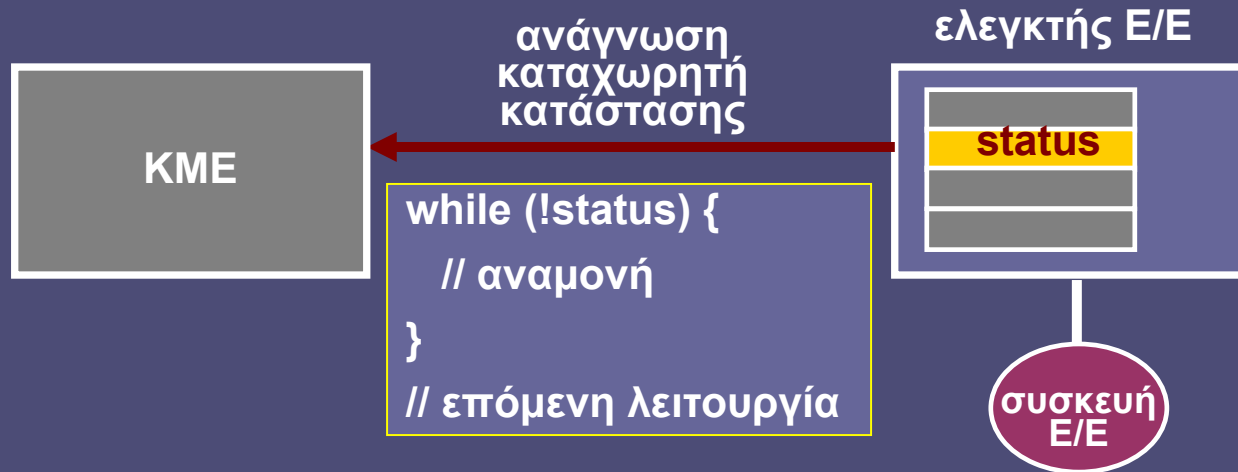
Απομονωμένη E/E (isolated I/O)

- Διαφορετικές εντολές για προσπέλαση μνήμης και E/E
- Ίδια διεύθυνση = διαφορετική θέση σε μνήμη και E/E
- Η ΚΜΕ παράγει σήματα που επιλέγουν χώρο διευθύνσεων

Εξυπηρέτηση αιτήσεων E/E

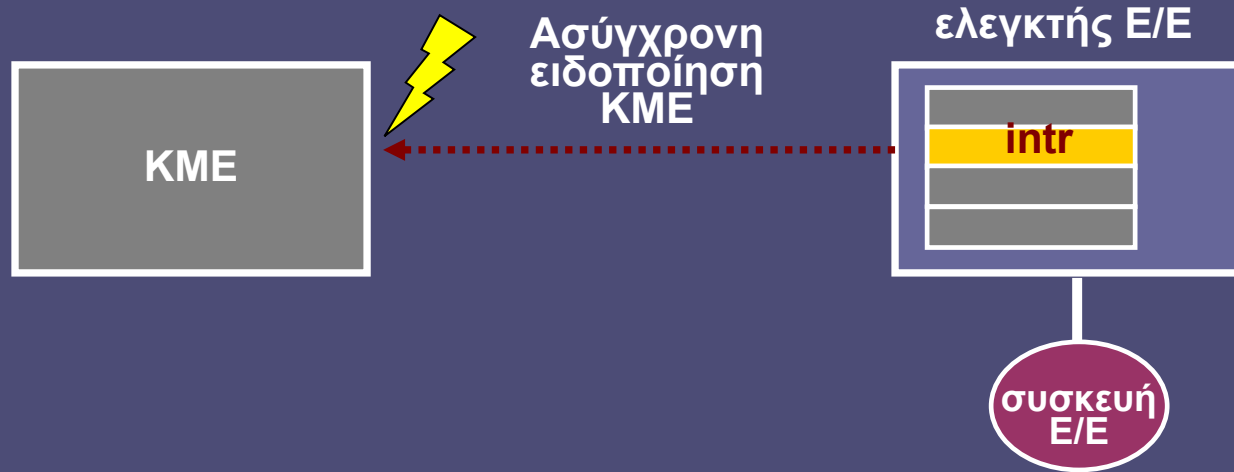
- Ολοκλήρωση αιτήσεων E/E
 - Υπερβολικά αργή λειτουργία συσκευών...
 - ...σε σχέση με την ταχύτητα της ΚΜΕ
- Η ΚΜΕ πρέπει να περιμένει
 - Πώς γίνεται αντιληπτή η ολοκλήρωση της εξυπηρέτησης E/E;
- Στη συνέχεια: μεταφορά δεδομένων από/προς συσκευές E/E
 - Ποιος αναλαμβάνει τη μεταφορά των δεδομένων προς/από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

Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E



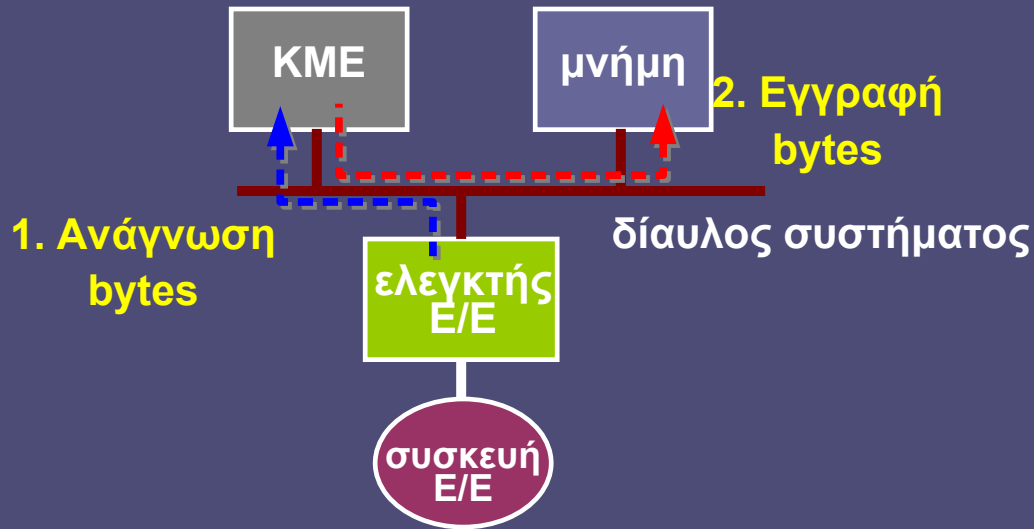
- **Περιοδική ανάγνωση καταχωρητή κατάστασης**
 - Επαναληπτική διαδικασία (**polling**)
 - Ολοκληρώθηκε η τρέχουσα αίτηση;
 - Εμφανίστηκε κάποια αλλαγή κατάστασης στη συσκευή E/E;
 - **Επιβάρυνση KME** με άσκοπους κύκλους εκτέλεσης – για μεγάλο διάστημα η κατάσταση θα παραμένει σταθερή περιμένοντας τη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

Ανίχνευση ολοκλήρωσης αίτησης E/E (2)



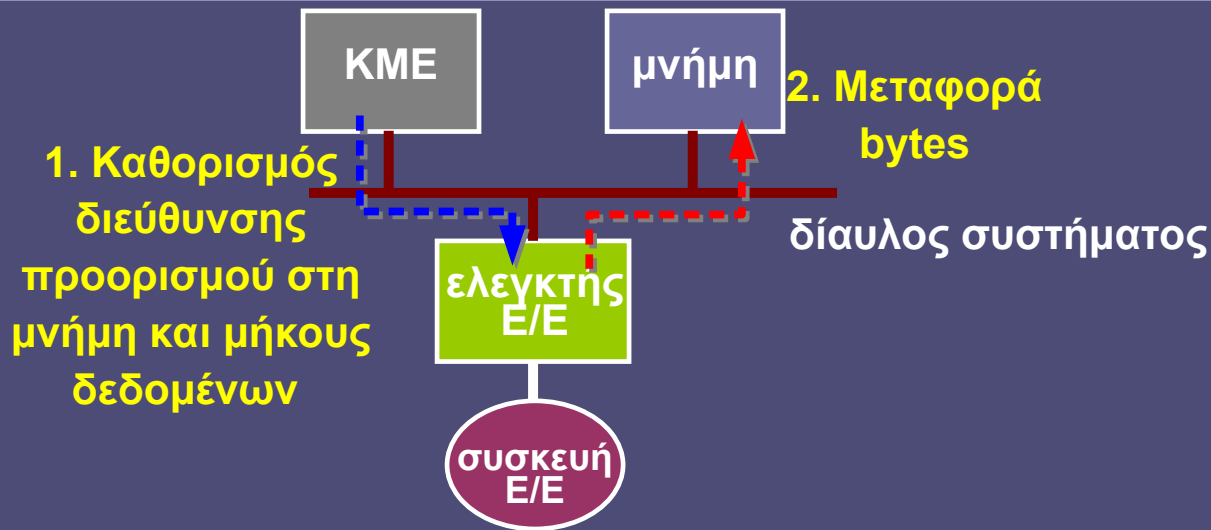
- **Ασύγχρονη ειδοποίηση ΚΜΕ**
 - Ο ελεγκτής ειδοποιεί την ΚΜΕ για αλλαγή κατάστασης της συσκευής E/E μέσω μιας εξωτερικής διακοπής (interrupt)
- **Στο μεταξύ η ΚΜΕ μπορεί να εκτελεί άλλη διεργασία**
 - Η διακοπή θα προκαλέσει την εκτέλεση κώδικα εξυπηρέτησης του λειτουργικού συστήματος (interrupt service routine – ISR)

Μετακίνηση δεδομένων από/προς μνήμη



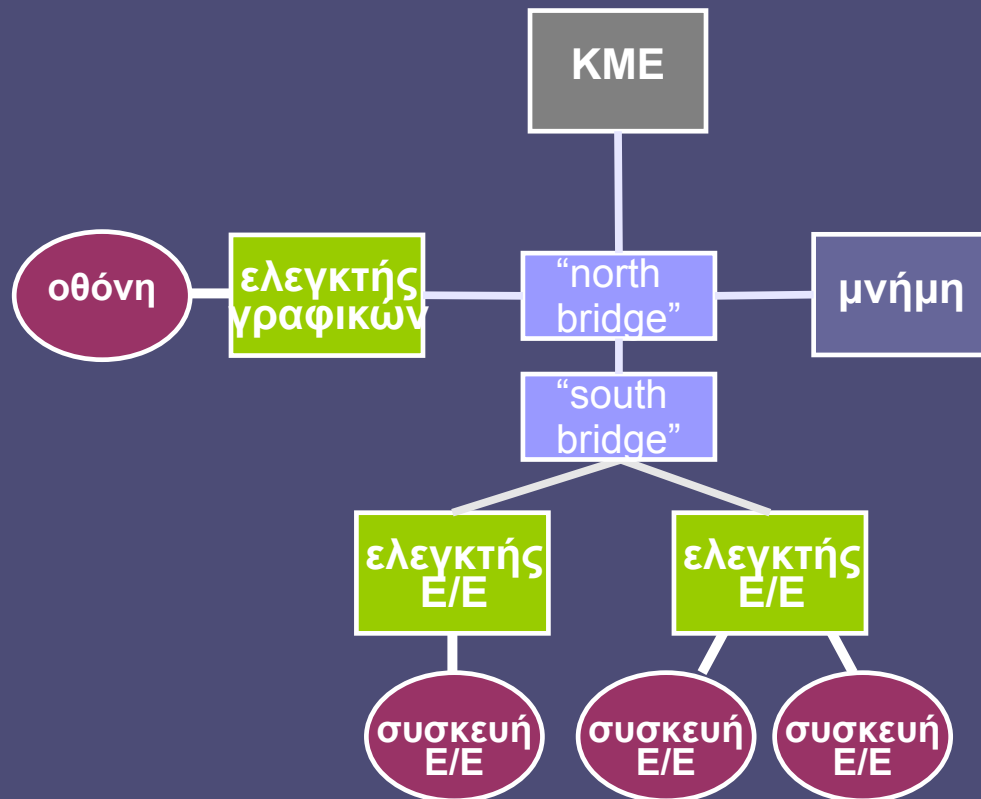
- Μετά από ολοκλήρωση αίτησης E/E – υπάρχουν έτοιμα δεδομένα από τη συσκευή
- Η ΚΜΕ **επαναληπτικά** διαβάζει τα δεδομένα από τον ελεγκτή E/E και τα γράφει στη μνήμη (ή το αντίστροφο για δεδομένα προς τη συσκευή)
- Σημαντική επιβάρυνση της ΚΜΕ!

Direct Memory Access (DMA)



- 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



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