

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Ι

Κεφάλαιο 1

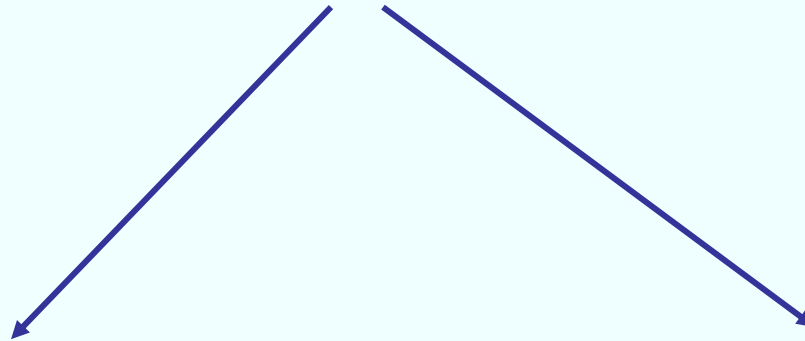
Εισαγωγή στην Δομή, Οργάνωση, Λειτουργία και Αξιολόγηση Υπολογιστών

Υπολογιστής: Σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών



Σύστημα Υπολογιστή

Σύστημα Υπολογιστή



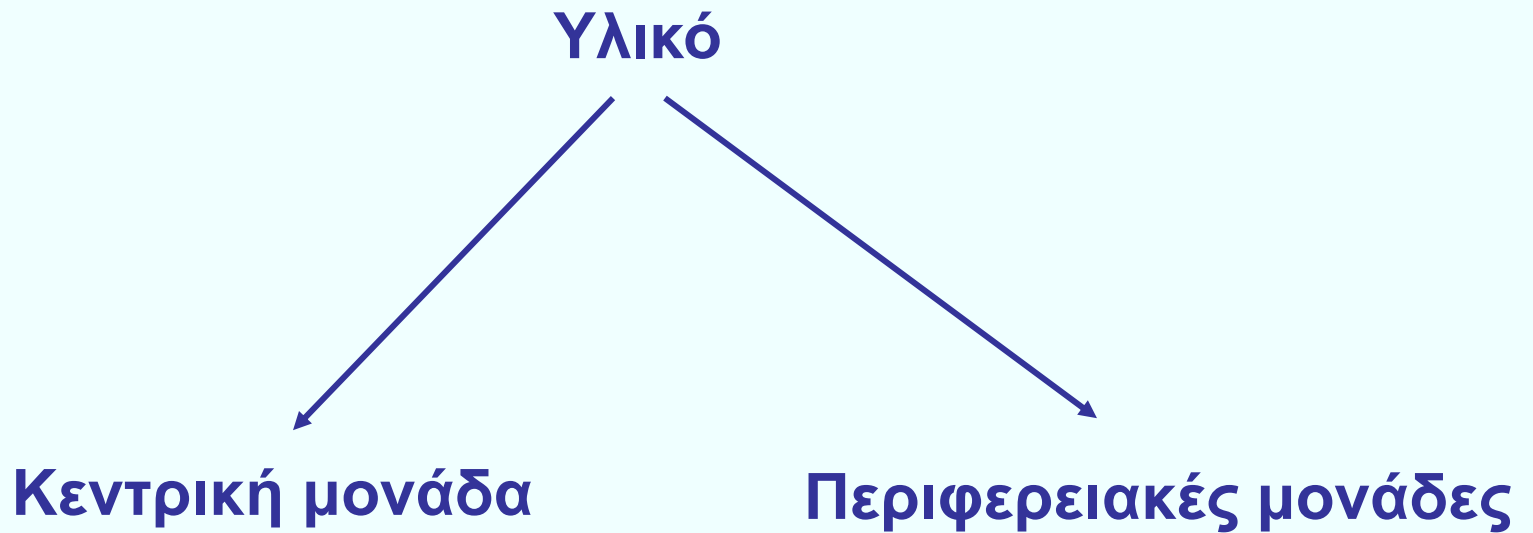
Υλικό (hardware)

Το σύνολο των συσκευών
που αποτελούν το υπολογιστικό
σύστημα

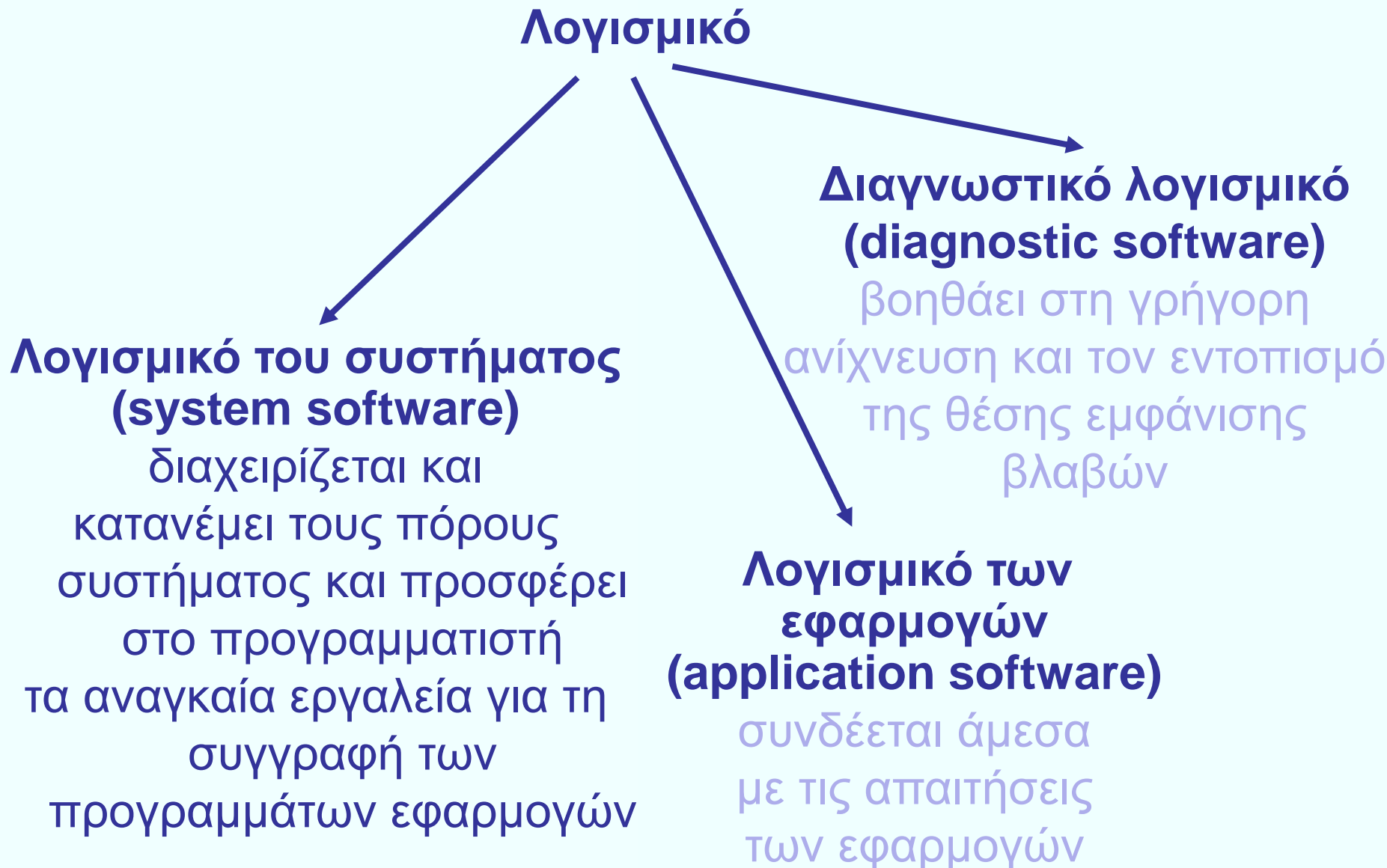
Λογισμικό (software)

Όλα τα προγράμματα που
μπορούν να εκτελεστούν σ'
ένα υπολογιστικό σύστημα

Υλικό



Λογισμικό των Υπολογιστών



Λογισμικό του συστήματος

1. Λειτουργικό σύστημα (Operating system)
2. Βοηθητικά προγράμματα (Utility programs)

Λογισμικό του συστήματος

1. Λειτουργικό σύστημα (Operating system)

Το λειτουργικό σύστημα είναι υπεύθυνο για τη καλύτερη κατανομή και εκμετάλλευση του υλικού όπως επίσης και για τη φιλικότερη εμφάνιση του υπολογιστή στο χρήστη

Λογισμικό του συστήματος

2. Βοηθητικά προγράμματα (Utility programs)

Από τα πιο γνωστά προγράμματα που ανήκουν στην κατηγορία αυτή είναι:

- » Προγράμματα που δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει νέα αρχεία ή να σβήσει ήδη υπάρχοντα, να αντιγράψει αρχεία από μία θέση σε κάποια άλλη θέση του συστήματος αρχείων κ.τ.λ. Ως παράδειγμα αναφέρουμε το πρόγραμμα "explorer" των WINDOWS.

Λογισμικό του συστήματος

2. Βοηθητικά προγράμματα (Utility programs)

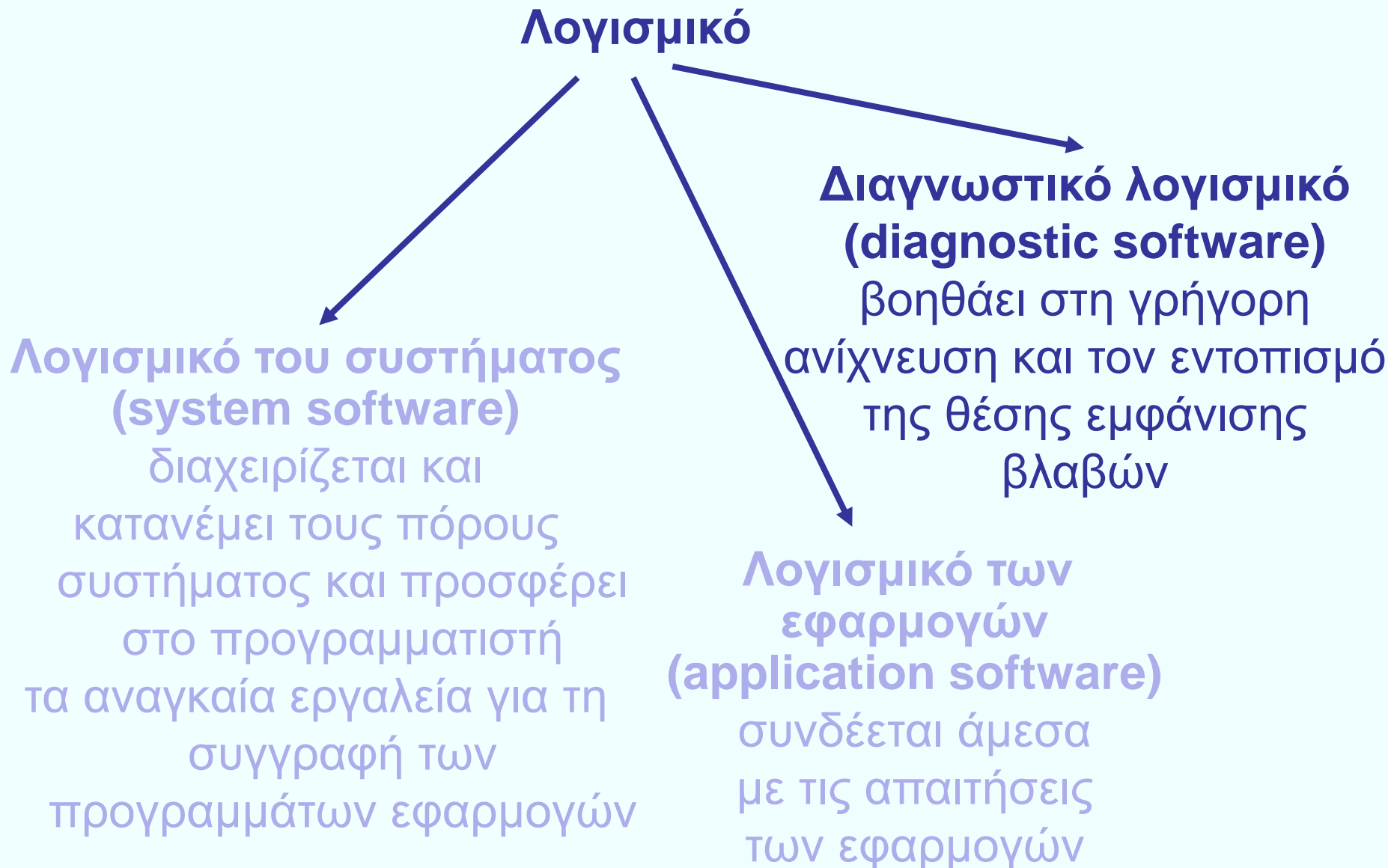
- » Τα προγράμματα που βοηθάνε τον προγραμματιστή να γράψει, τροποποιήσει και αποθηκεύσει προγράμματα και δεδομένα χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο και τη οθόνη (editors).

Λογισμικό του συστήματος

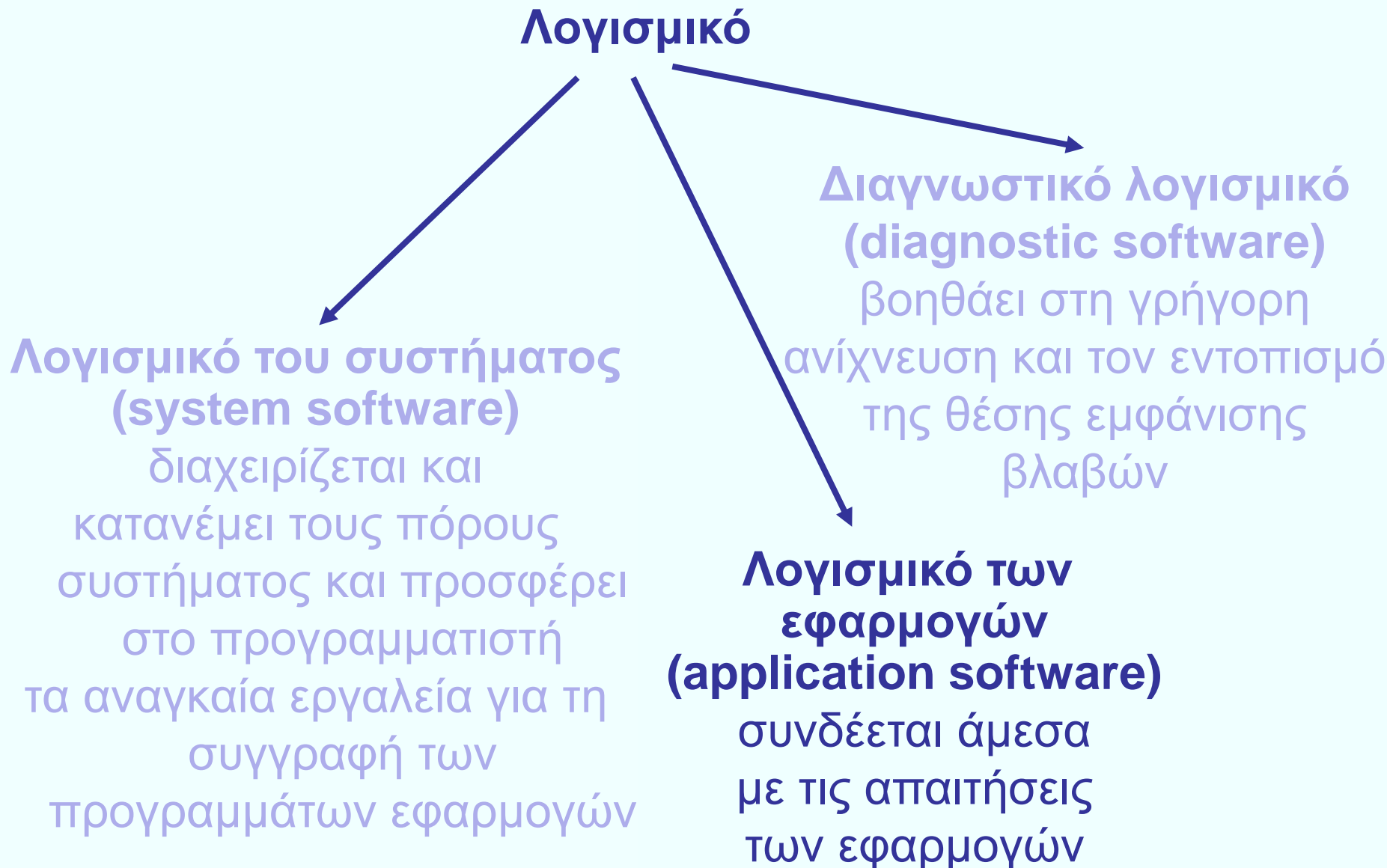
2. Βοηθητικά προγράμματα (Utility programs)

- » Τα προγράμματα βιβλιοθήκης (library routines). Εδώ περιλαμβάνονται προγράμματα ταξινόμησης των εγγραφών ενός αρχείου, υπολογισμού κλασσικών αριθμητικών συναρτήσεων κλπ.
- » Οι μεταφραστές (translators) και οι διερμηνείς (interpreters).

Λογισμικό των Υπολογιστών



Λογισμικό των Υπολογιστών



Λογισμικό Εφαρμογών

- Προγράμματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων
- Λογιστικά φύλλα
- Εξομοιωτές
- Εφαρμογές πολυμέσων
- Προγράμματα σχεδίασης με την βοήθεια του υπολογιστή
- Δικτυακές εφαρμογές

Αρχιτεκτονική Υπολογιστή

Η αρχιτεκτονική σ' ένα επίπεδο μπορεί να οριστεί ως η λειτουργική εμφάνιση του συστήματος που βρίσκεται κάτω από αυτό το επίπεδο στο χρήστη που βρίσκεται πάνω από αυτό το επίπεδο

Λειτουργική Εμφάνιση

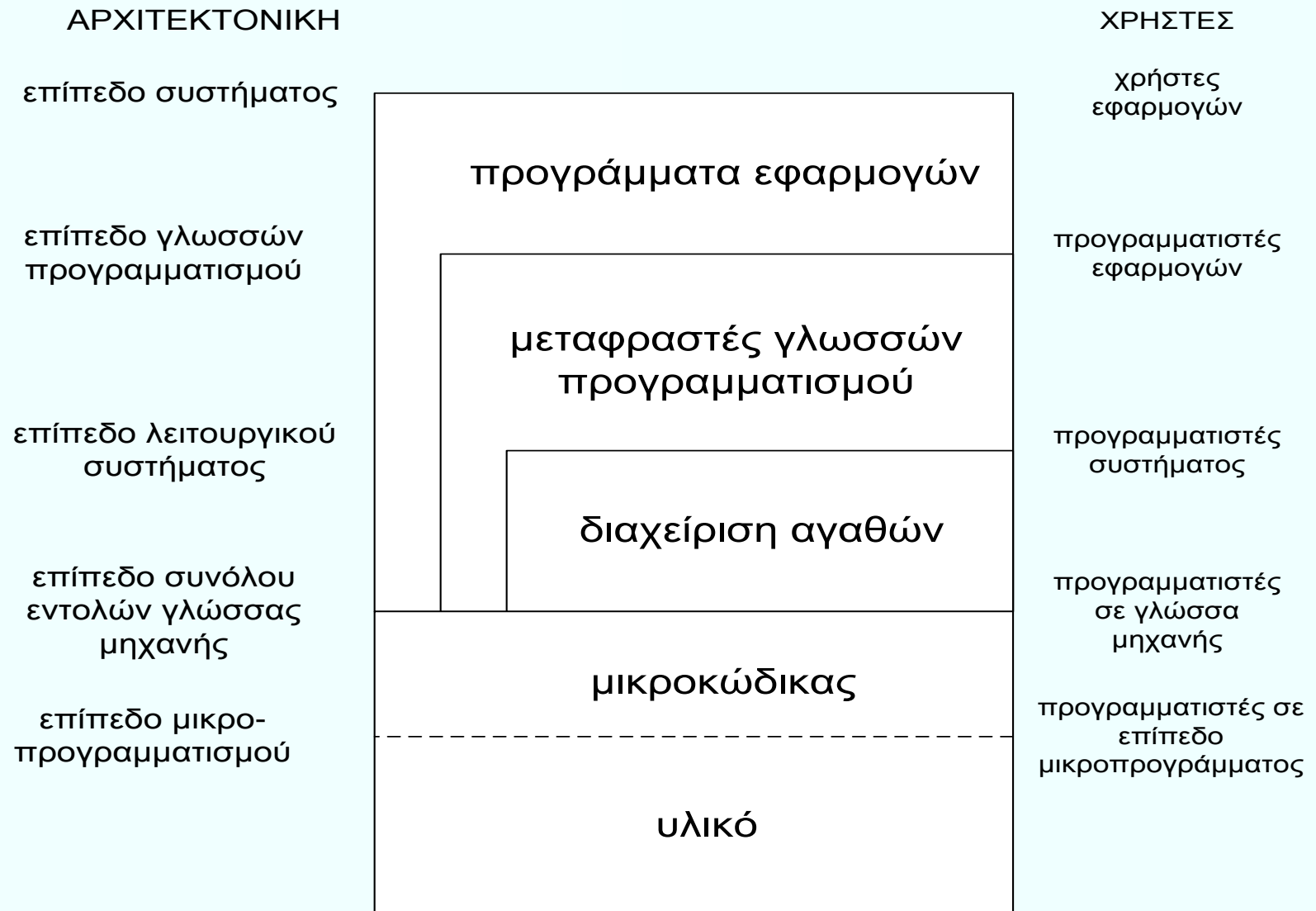
Λειτουργική εμφάνιση:

συμπεριφορά, ιδιότητες και δυνατότητες

Λειτουργική εμφάνιση = $f(\text{δομή, οργάνωση})$

Απόδοση = $f(\text{δομή, οργάνωση, υλοποίηση})$

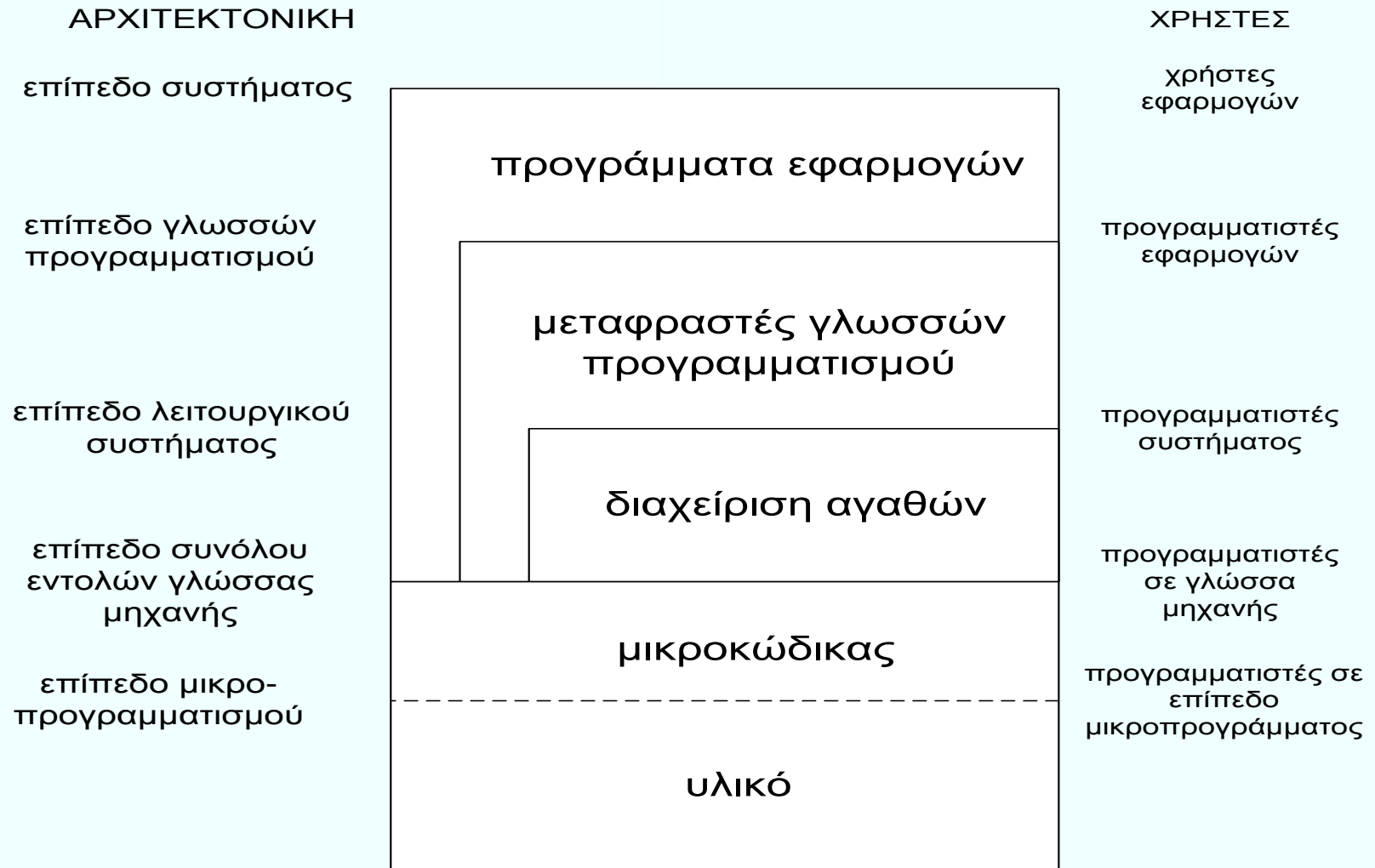
Επίπεδα αρχιτεκτονικής υπολογιστών



Αρχιτεκτονική σε επίπεδο εντολών γλώσσας μηχανής

- Οργάνωση της κύριας μνήμης
- Καταχωρητές που είναι προσπελάσιμοι από τον προγραμματιστή σε επίπεδο γλώσσας μηχανής
- Διαθέσιμα είδη δεδομένων και δομών δεδομένων
- Τρόποι κωδικοποίησης και αναπαράστασης δεδομένων
- Σύνολο των εντολών και μορφή κάθε μιας
- Τρόποι καθορισμού διευθύνσεων (addressing modes).

Επίπεδα αρχιτεκτονικής υπολογιστών



Αρχιτεκτονική υπολογιστών

- Αρχιτεκτονική σε επίπεδο εντολών γλώσσας μηχανής
- Δομή
- Οργάνωση
- Υλοποίηση (implementation)
- Απόδοση (performance)

Οικογένεια ή σειρά υπολογιστών

Παράδειγμα:

αρχιτεκτονικές

Intel IA32

(IBM, Motorola, Apple)/PowerPC,

Hewlett-Packard/PA-RISC

Επέκταση αρχιτεκτονικής με συμβατό τρόπο

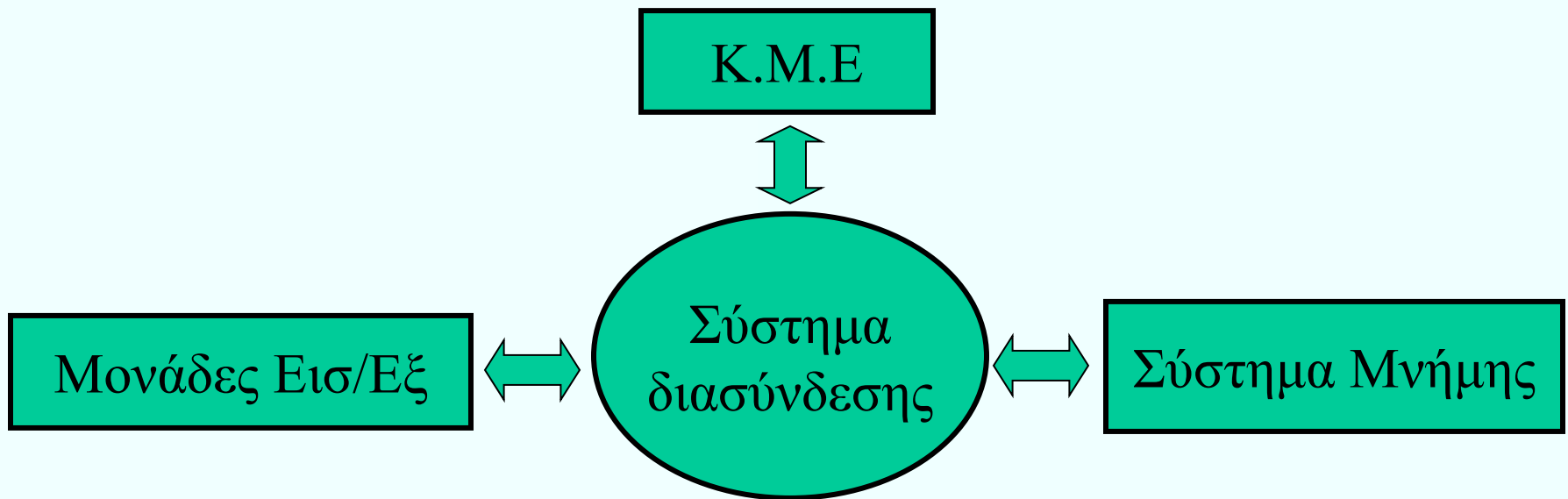
Παράδειγμα:

PA-2.0 της Hewlett-Packard που είναι μια
επέκταση της αρχιτεκτονικής PA-RISC

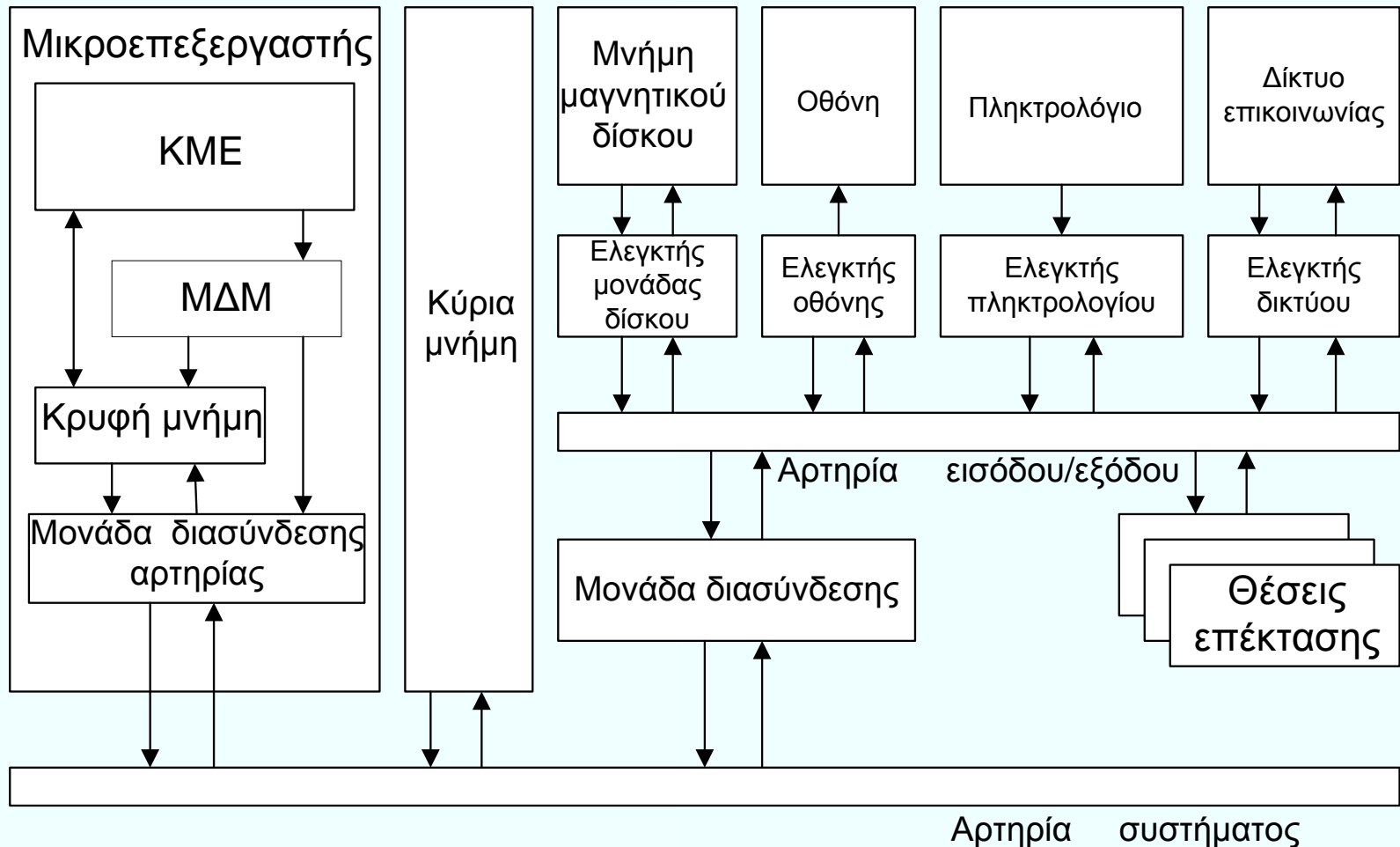
Η εξέλιξη των επεξεργαστών

- προς υπολογιστές χαμηλότερου κόστους
- προς υπολογιστές με βελτιωμένη λειτουργικότητα και απόδοση

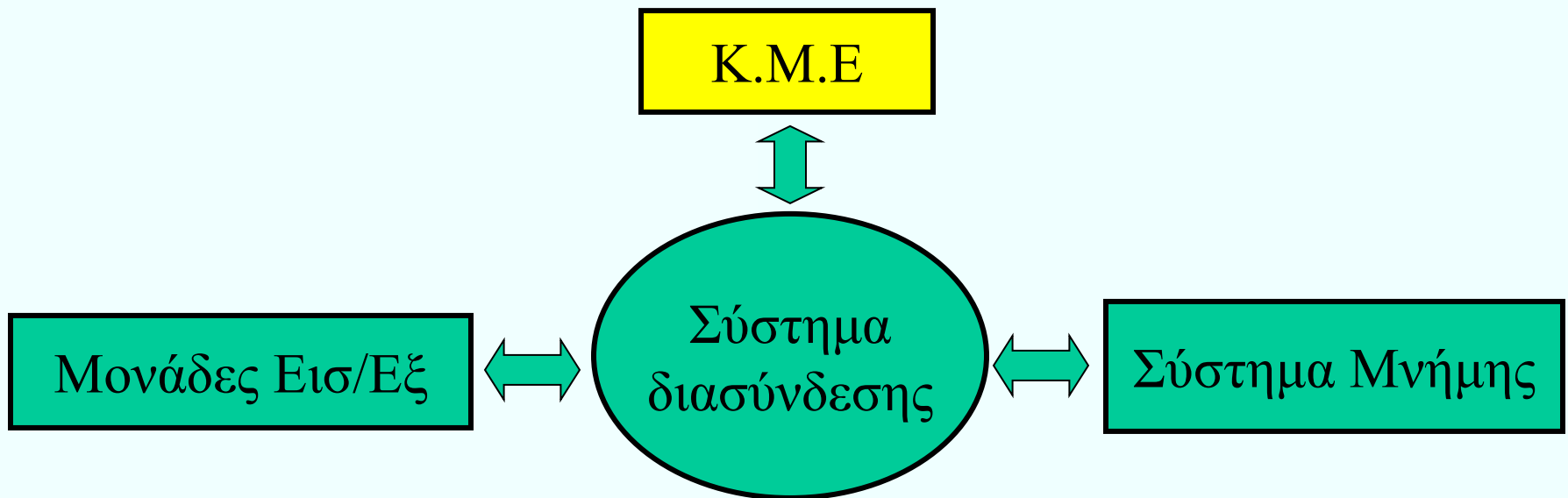
Δομή υπολογιστή



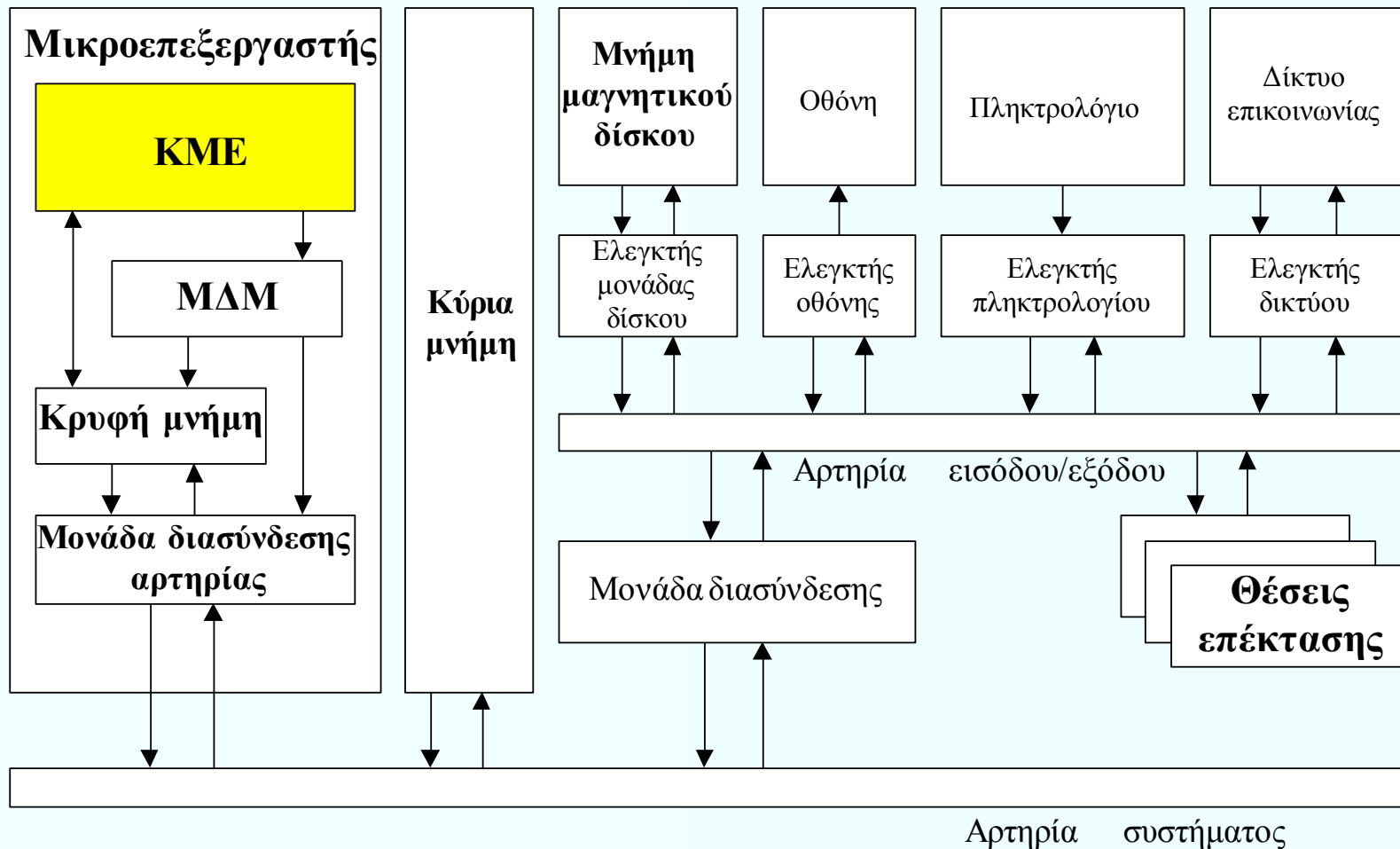
Η δομή ενός προσωπικού υπολογιστή με μία ΚΜΕ



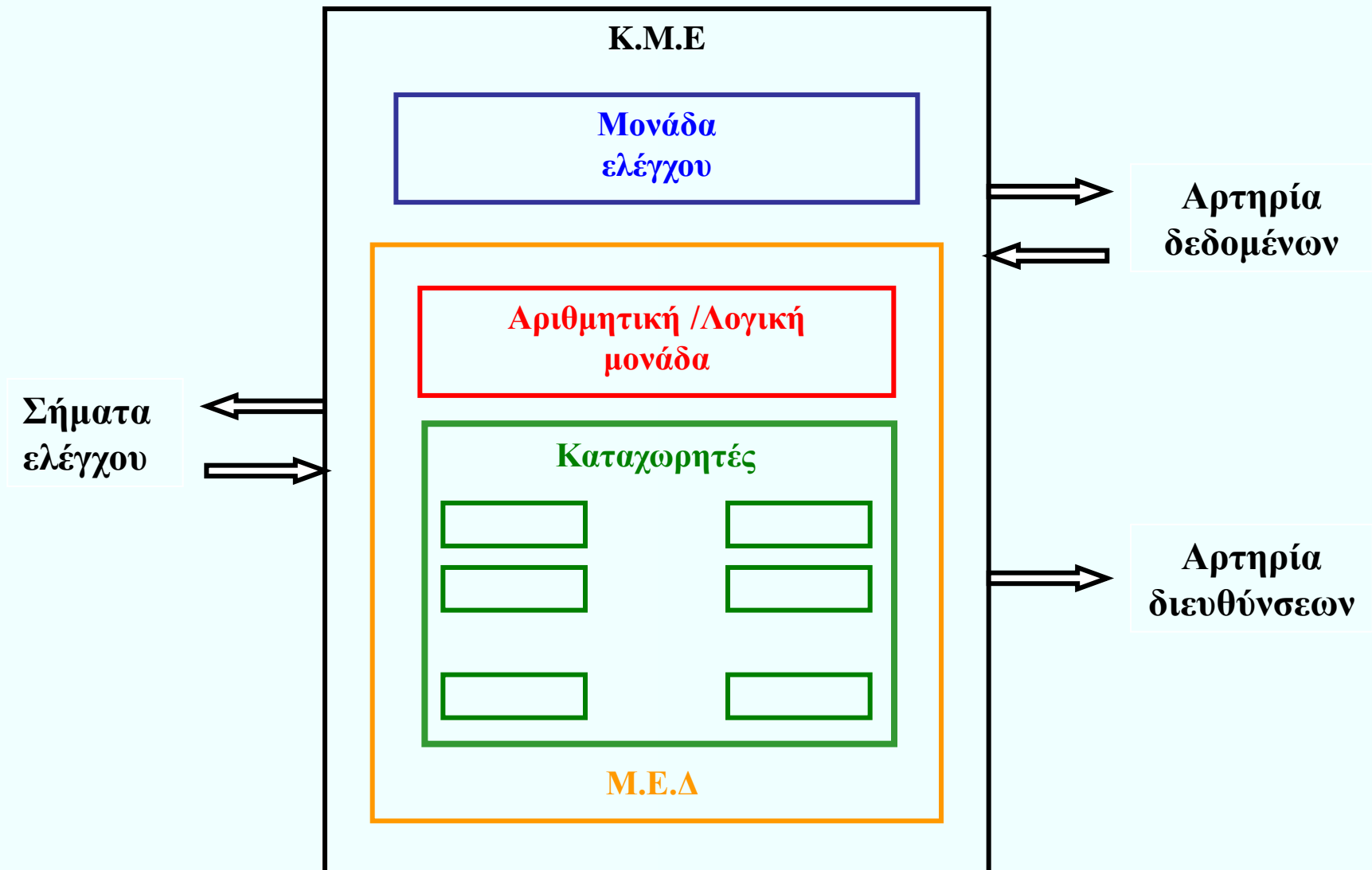
Δομή υπολογιστή



Η δομή ενός προσωπικού υπολογιστή



Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας



Χαρακτηριστικά Επεξεργαστών

8085

Address bus : 16 bits

Data bus : 8 bits

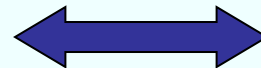
Αριθμητική : 8 bits

address bus

($A_8 - A_{15}$)

address/data bus

($AD_0 - AD_7$)



**Multiplexed
bidirectional**

Χαρακτηριστικά Επεξεργαστών

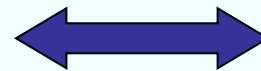
8086

Address bus : 20 bits

Data bus : 16 bits

Αριθμητική : 16 bits

address/data bus
($AD_0 - AD_{15}$)



**Multiplexed
bidirectional**

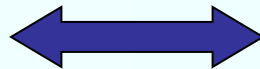
address/status bus
($A_{16/s3} - A_{19/s6}$)

Χαρακτηριστικά Επεξεργαστών

68000

address bus
($A_1 - A_{23}$)

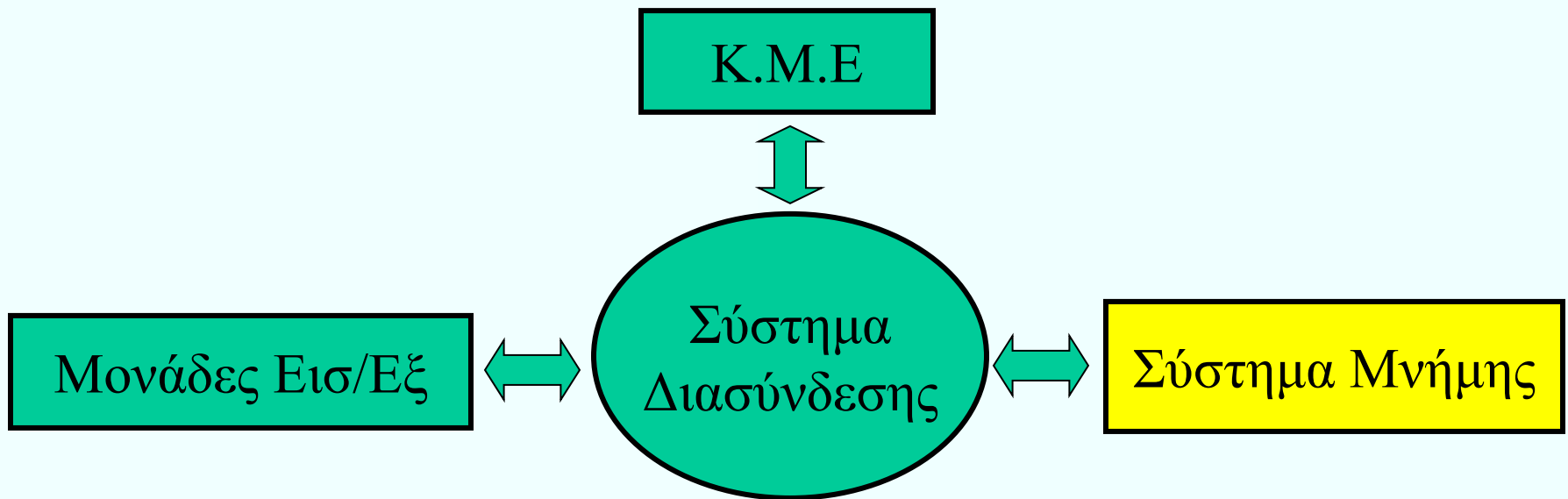
data bus
($D_0 - D_{15}$)



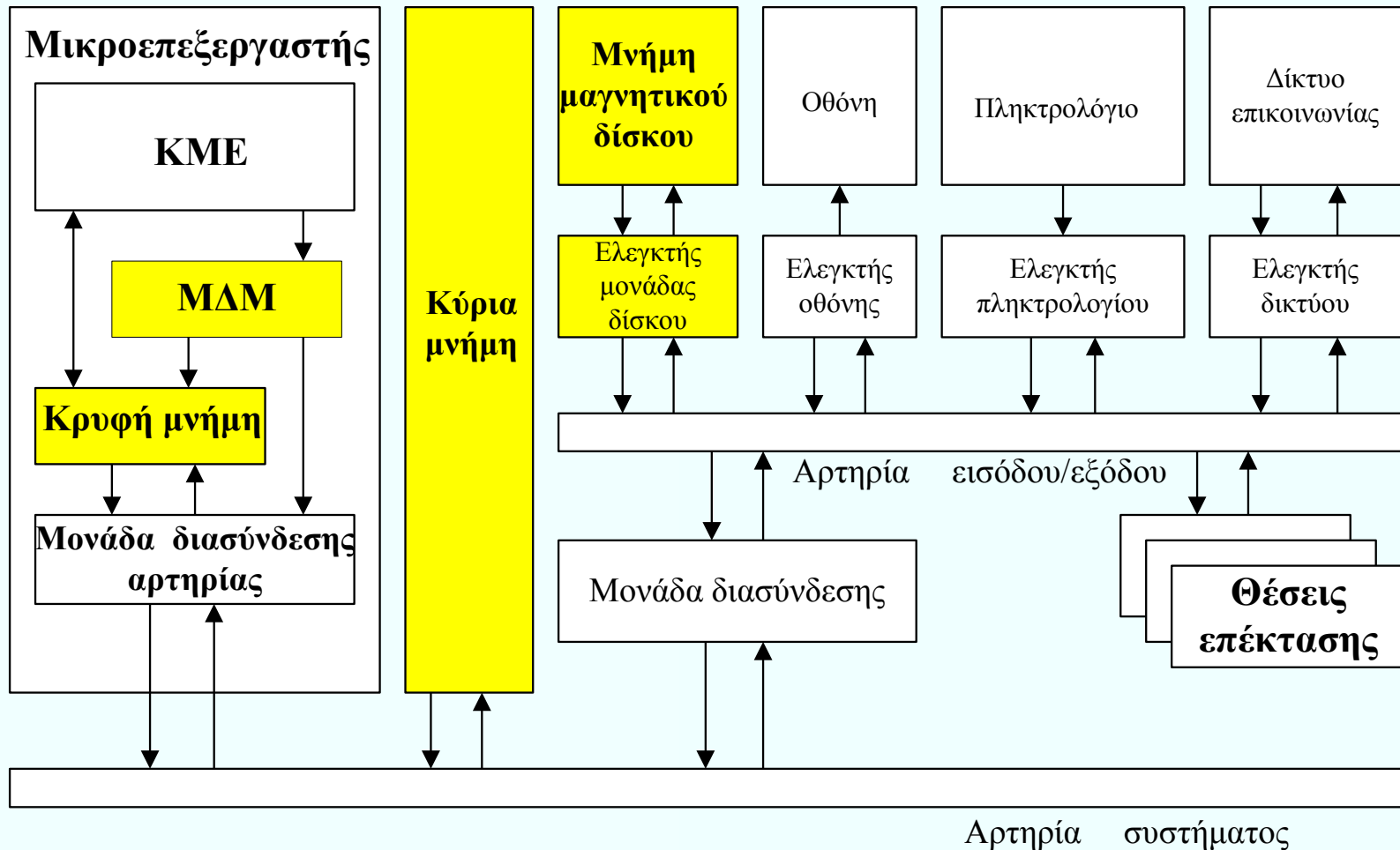
bidirectional

αριθμητική 32 bits

Δομή υπολογιστή



Η δομή ενός προσωπικού υπολογιστή



Χωρητικότητα καταχωρητών

Η χωρητικότητα των καταχωρητών μετριέται σε :

- δυαδικά ψηφία (bits) ή
- ψηφιολέξεις (bytes)

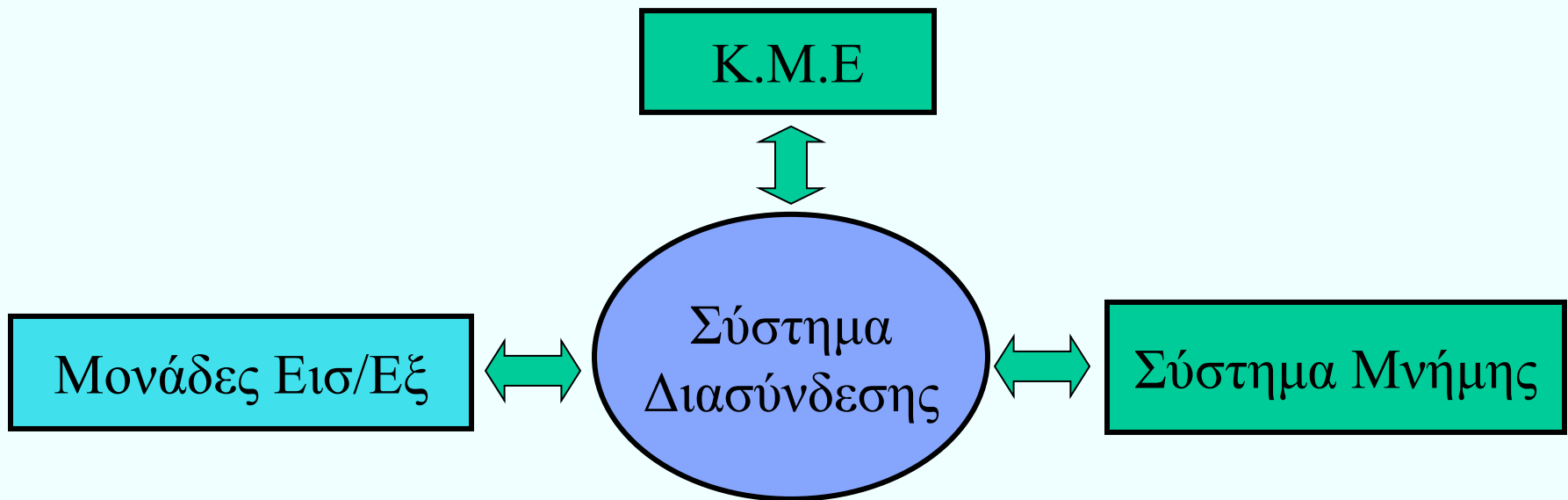
Χωρητικότητα μνημών

Η χωρητικότητα της κύριας, της κρυφής και της βοηθητικής μνήμης ενός υπολογιστή μετριέται σε:

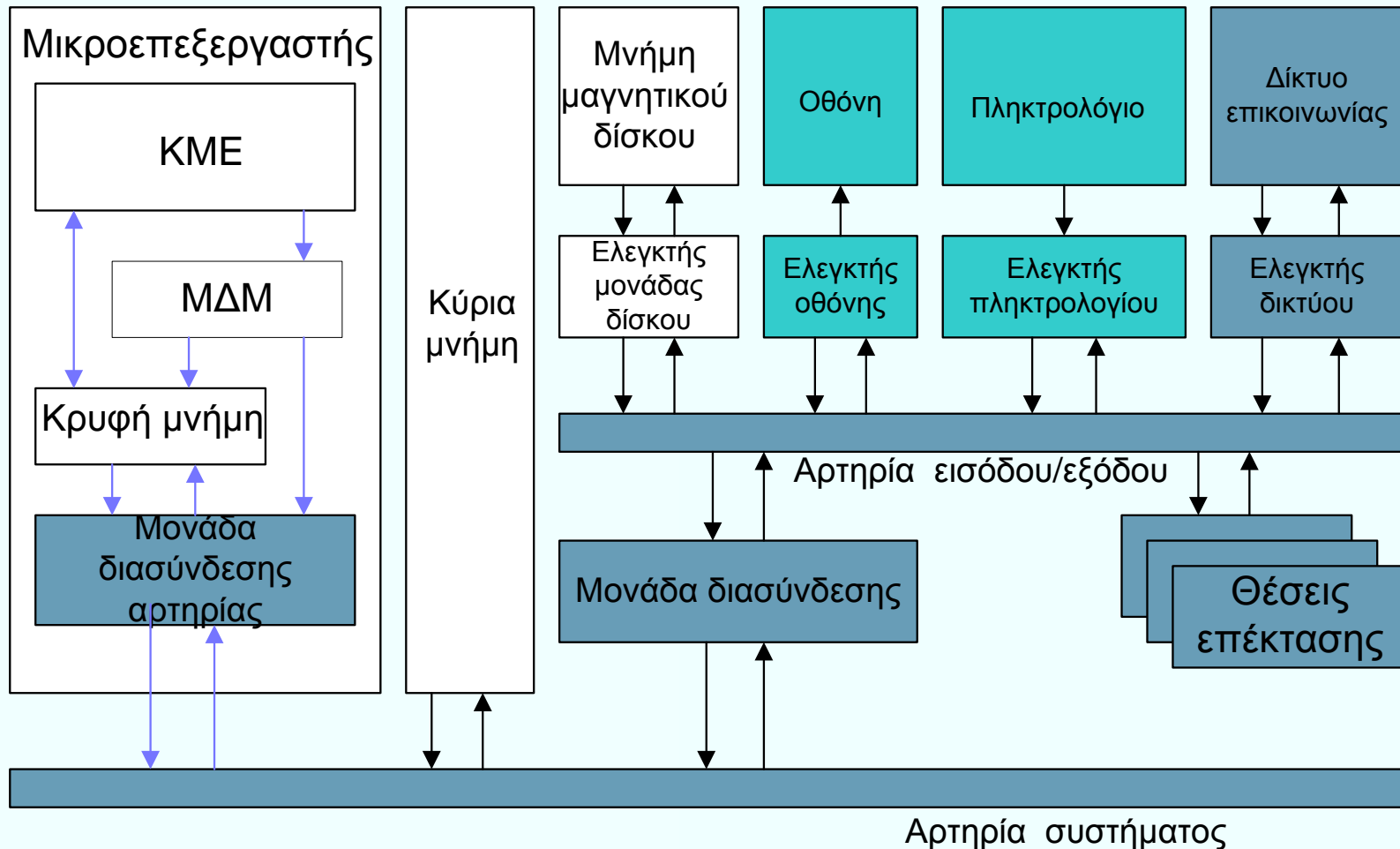
- Kbytes ή KB, $1 \text{ KB} = 2^{10} \text{ bytes} = 1024 \text{ bytes}$
- Mbytes ή MB, $1 \text{ MB} = 2^{20} \text{ bytes} = 1024 \text{ Kbytes}$
- Gbytes ή GB, $1 \text{ GB} = 2^{30} \text{ bytes} = 1024 \text{ Mbytes}$
- Tbytes ή TB, $1 \text{ TB} = 2^{40} \text{ bytes} = 1024 \text{ Gbytes}$

Λόγω του μεγέθους, η χωρητικότητα της κρυφής μνήμης μετράται συνήθως σε KB ή MB, της κύριας μνήμης σε GB και της βοηθητικής σε GB ή TB

Δομή υπολογιστή



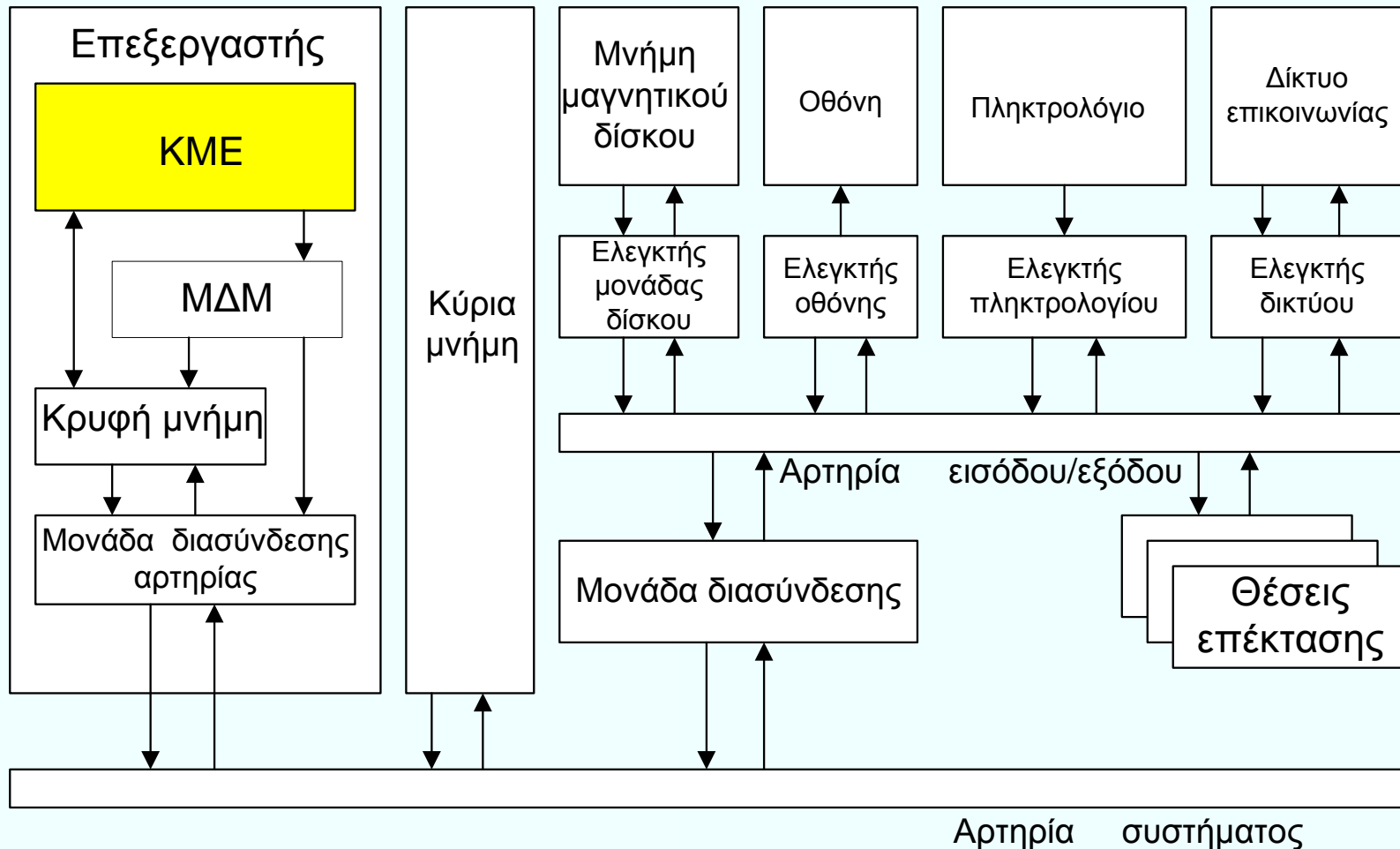
Η δομή ενός προσωπικού υπολογιστή



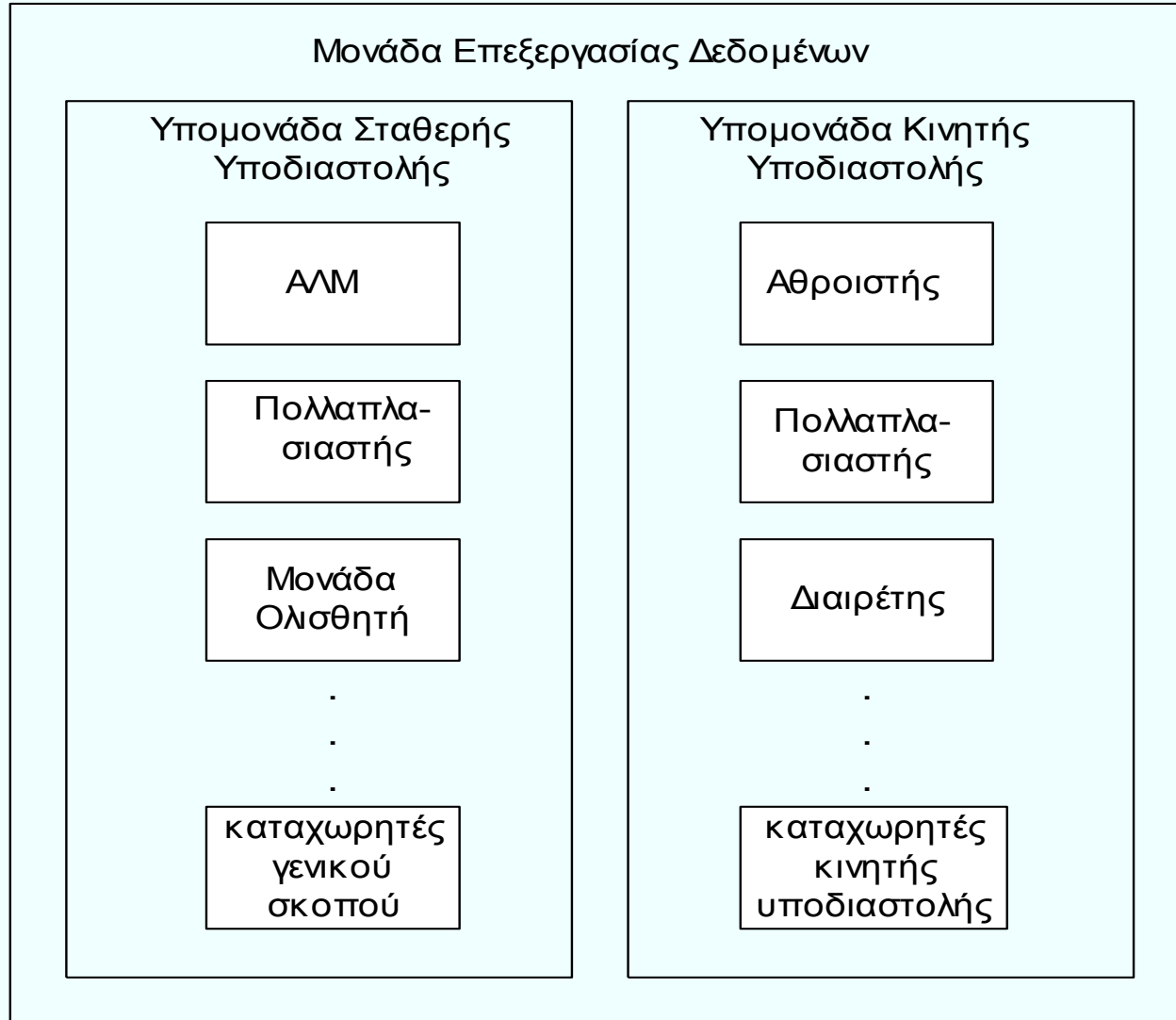
Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

- Μονάδα Επεξεργασίας Δεδομένων
- Μονάδα Ελέγχου

Η δομή ενός προσωπικού υπολογιστή



Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας



Καταχωρητές

- Καταχωρητές ειδικού σκοπού
- Καταχωρητές γενικού σκοπού

Αριθμός καταχωρητών σε αντιπροσωπευτικές αρχιτεκτονικές

Αρχιτεκτονική	Εταιρεία	καταχωρητές γενικού σκοπού	καταχωρητές κινητής υποδιαστολής
IA32*	Intel	8 των 32 δυναδικών ψηφίων	8 των 80 δυναδικών ψηφίων (ενσωματώθηκε στον 486)
PowerPC υλοποίηση 32 δυναδ. ψηφίων υλοποίηση 64 δυναδ. ψηφίων	IBM, Motorola, Apple	32 των 32 δυναδικών ψηφίων 32 των 64 δυναδικών ψηφίων	32 των 64 δυναδικών ψηφίων 32 των 64 δυναδικών ψηφίων
ARM**	ARM	15 των 32 δυναδικών ψηφίων***	συνεπεξεργαστής FPA10

Μονάδα ελέγχου

Μονάδα ελέγχου

- ρολόι

- *Χρόνος κύκλου της ΚΜΕ (CPU cycle time)*
- *Συχνότητα λειτουργίας της ΚΜΕ (CPU clock rate)*

Κύκλος εντολής

1. Φέρνει στην ΚΜΕ την εντολή που είναι αποθηκευμένη στη θέση μνήμης που δείχνει ο μετρητής προγράμματος
2. Αλλάζει το περιεχόμενο του μετρητή προγράμματος ώστε να δείχνει τη θέση μνήμης που περιέχει την επόμενη εντολή του προγράμματος
3. Αναλύει την εντολή και ελέγχει εάν η εντολή χρειάζεται δεδομένα από την μνήμη και εάν ναι προσδιορίζει τις διευθύνσεις στις οποίες είναι αποθηκευμένα
4. Φέρνει τα δεδομένα σε κάποιους από τους καταχωρητές της
5. Εκτελεί την εντολή
6. Αποθηκεύει τα αποτελέσματα
7. Πηγαίνει στο βήμα 1 για να αρχίσει την εκτέλεση της επόμενης εντολής

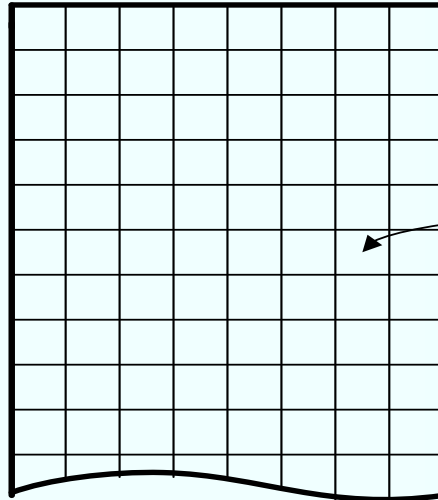
Σύστημα Μνήμης

- Καταχωρητές
- Κύρια μνήμη
- Βοηθητική μνήμη
- Κρυφή μνήμη

Φυσική οργάνωση μιας κύριας μνήμης

φυσικές
διευθύνσεις

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

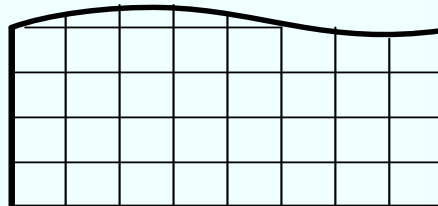


μία θέση μνήμης

ένα δυαδικό
ψηφίο

⋮

v-4
v-3
v-2
v-1



Η φυσική οργάνωση μίας κύριας μνήμης v θέσεων,
με θέση μνήμης των 8 δυαδικών ψηφίων.

Χαρακτηριστικά κύριας μνήμης

- Κύριο χαρακτηριστικό της θέσης της κύριας μνήμης είναι ότι περιέχει την μικρότερη ποσότητα πληροφορίας που μπορεί να μεταφερθεί στην ΚΜΕ

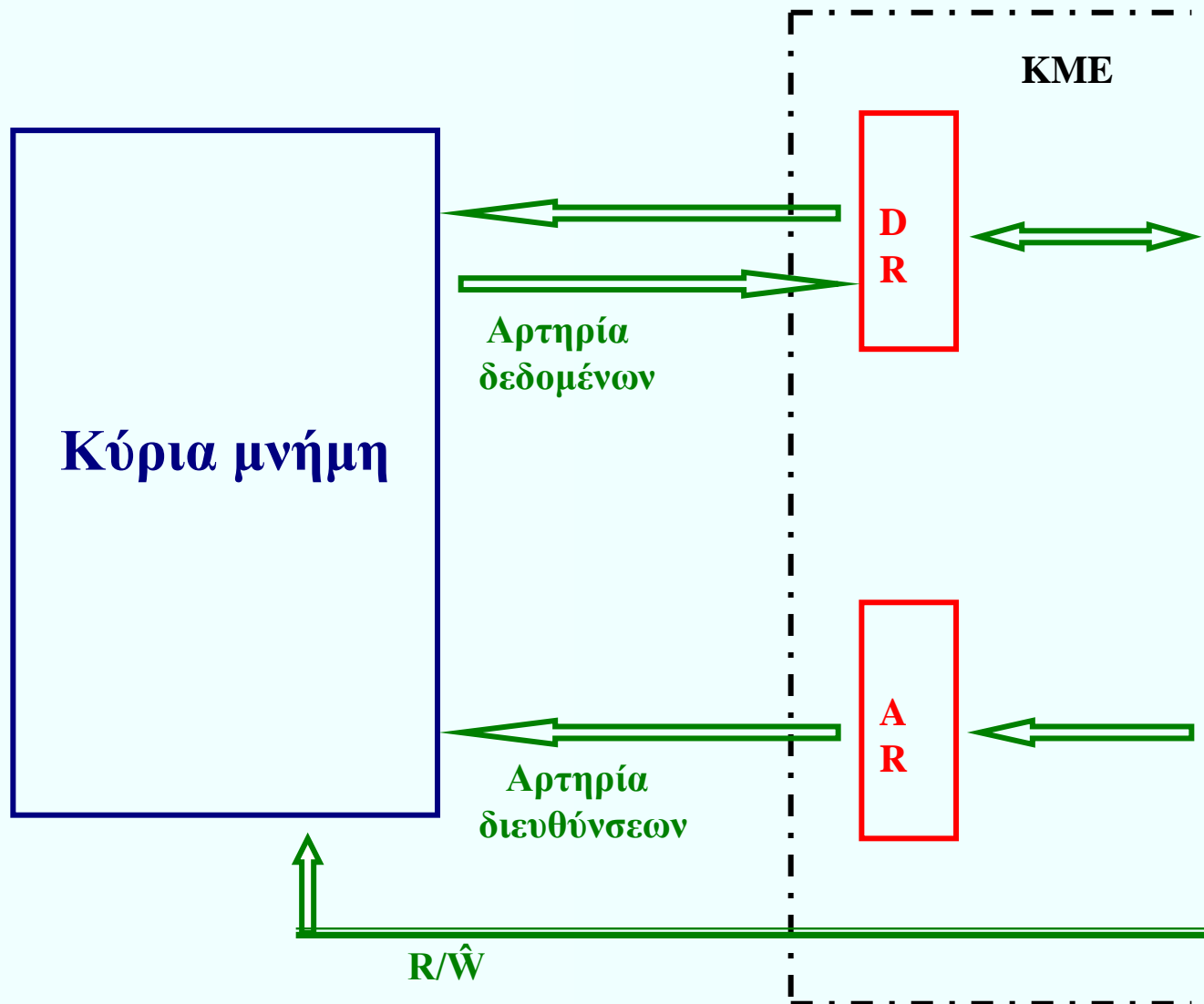
Βασικότερες ιδιότητες της κύριας μνήμης

- Οι θέσεις της μπορούν να προσπελαστούν άμεσα από την ΚΜΕ
- Οι θέσεις της μπορούν να προσπελαστούν με οποιαδήποτε σειρά
- Ο χρόνος προσπέλασης μίας θέσης είναι σταθερός και ανεξάρτητος από τη διεύθυνση της θέσης

Ταχύτητα Κύριας Μνήμης

- Χρόνος προσπέλασης (access time)
 - εξαρτάται από:
 - ✓ την τεχνολογία των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων με τα οποία υλοποιείται
 - ✓ το μέγεθος και
 - ✓ τον τρόπο σχεδιασμού της
- Χρόνος κύκλου (cycle time)
- Ρυθμός μεταφοράς δεδομένων (data transfer rate ή bandwidth)

Επικοινωνία κύριας μνήμης και ΚΜΕ



Υλοποίηση της κύριας μνήμης

- Random Access Memory, RAM
 - » Στατικές RAM, SRAM
 - » Δυναμικές RAM, DRAM
- Read Only Memory, ROM

Βοηθητική μνήμη

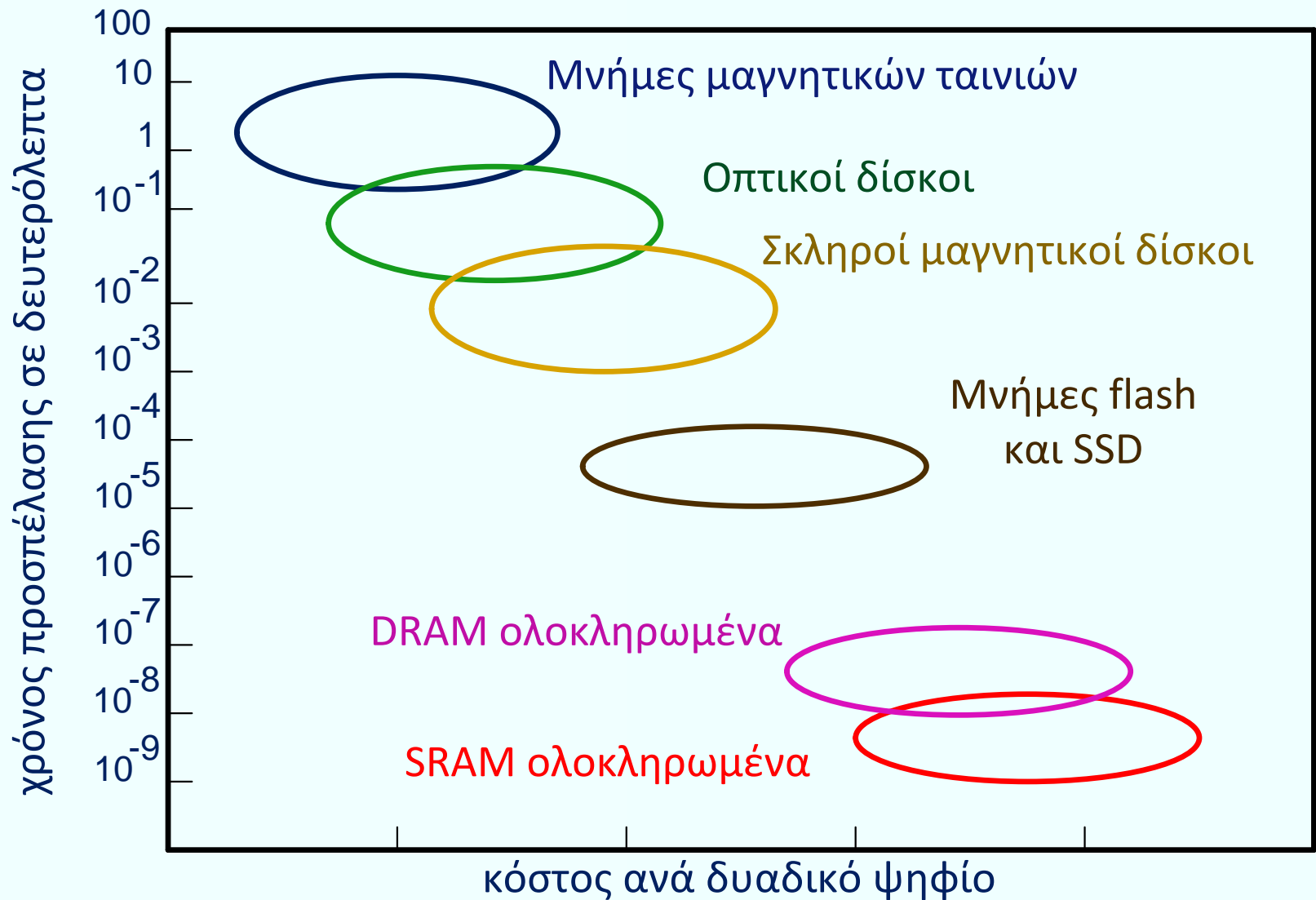
- Υλοποιείται με πολύ φθηνότερες διατάξεις
 - κόστος ανά δυαδικό ψηφίο
- Τρεις έως έξι τάξεις μεγέθους αργότερη από την κύρια μνήμη

DRAM access time: 40-80 ns

Μαγνητικός Δίσκος: 5-15 ms

100.000 φορές πιο αργός

Κόστος μνημών ανάλογα με τον τύπο



Βοηθητική μνήμη

- Υλοποιείται με πολύ φθηνότερες διατάξεις
 - κόστος ανά δυαδικό ψηφίο
- Τρεις έως έξι τάξεις μεγέθους αργότερη από την κύρια μνήμη

DRAM access time: 40-80 ns

Μαγνητικός Δίσκος: 5-15 ms

100.000 φορές πιο αργός

NAND Flash read page operation: 20 μ s

program page operation: 200 μ s

erase block operation: 2 ms

Διατάξεις υλοποίησης βοηθητικής μνήμης

- Διατάξεις σειριακής προσπέλασης (serial access)
- Διατάξεις κατ' ευθείαν προσπέλασης (direct access)
- Άμεσης προσπέλασης σε επίπεδο σελίδας

Κρυφή Μνήμη

Η κρυφή μνήμη είναι σχετικά μία μικρής χωρητικότητας μνήμη που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση πληροφορίας που αναμένεται ότι θα χρησιμοποιηθεί άμεσα ή με μεγάλη συχνότητα στο μέλλον

Η επιτυχία της κρυφής μνήμης βασίζεται στην τοπικότητα των αναφορών (principle of locality)

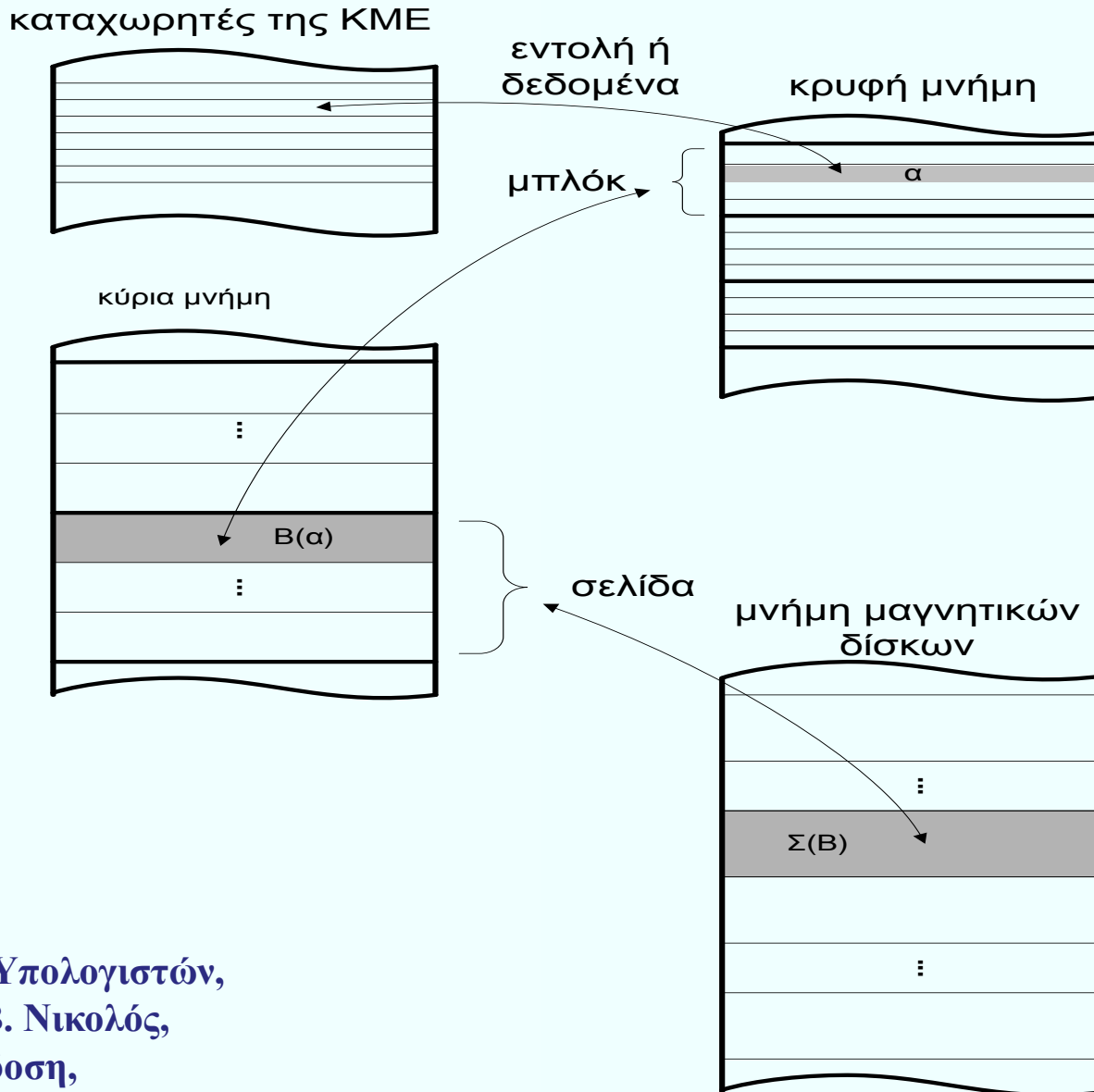
Κρυφή Μνήμη

- Κρυφή μνήμη μεταξύ ΚΜΕ και κύριας μνήμης
- Κρυφή μνήμη μεταξύ κύριας μνήμης και μονάδας δίσκων

Υλοποίηση Κρυφής Μνήμης μεταξύ ΚΜΕ και Κύριας Μνήμης

- Υλοποίηση με SRAM
- Στο ίδιο ολοκληρωμένο με την ΚΜΕ
- Σε ένα ή περισσότερα ολοκληρωμένα στη μητρική πλακέτα
- Στην κρυφή μνήμη υπάρχουν αντίγραφα μέρους της πληροφορίας που υπάρχει στην κύρια μνήμη

Μεταφορά πληροφορίας μεταξύ διαδοχικών επιπέδων μνήμης



Λόγος επιτυχίας κρυφής μνήμης

Ο λόγος επιτυχίας εξαρτάται:

- χωρητικότητα της κρυφής μνήμης
- τον τρόπο οργάνωσής της
- το είδος του προγράμματος που εκτελείται

Κρυφή Μνήμη μεταξύ ΚΜΕ και Κύριας Μνήμης

- Ενοποιημένη κρυφή μνήμη (unified cache memory)
- Κρυφή μνήμη δεδομένων (data cache)
- Κρυφή μνήμη εντολών (instruction cache)
- Ένα, δύο ή και τρία επίπεδα κρυφής μνήμης

Κρυφή Μνήμη μεταξύ Κύριας Μνήμης και μονάδας μαγνητικών δίσκων

Που θα τοποθετηθεί η κρυφή μνήμη δίσκου;

Θέση κρυφής μνήμης:

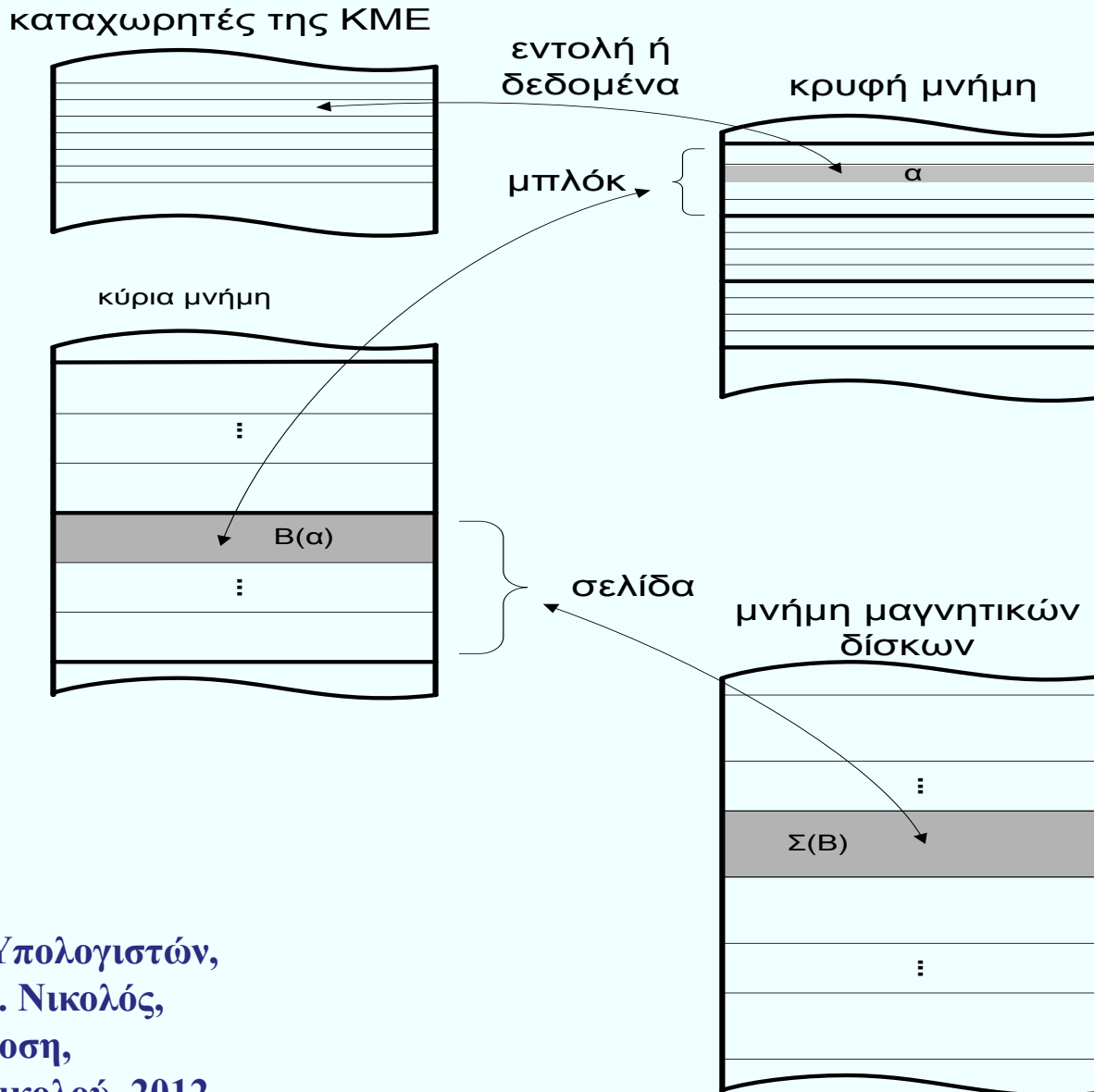
- στη μονάδα του δίσκου (disk cache)
- στον ελεγκτή των μονάδων δίσκου
- στην κύρια μνήμη (κρυφή μνήμη αρχείων,
file cache)

Ιδεατή Μνήμη (Virtual memory)

- λογικές διευθύνσεις (logical addresses)
- χώρος λογικών διευθύνσεων (logical address space)

Λογικές διευθύνσεις \rightarrow MMU \rightarrow φυσικές διευθύνσεις

Μεταφορά πληροφορίας μεταξύ διαδοχικών επιπέδων μνήμης



Μονάδες εισόδου/εξόδου

- Μονάδες εισόδου: π.χ. πληκτρολόγιο, μικρόφωνο, σαρωτής
- Μονάδες εξόδου: π.χ. οθόνη, εκτυπωτής, μεγάφωνο
- Μονάδες εισόδου/ εξόδου: π.χ. συνδυασμός οθόνης ποντικιού, συνδυασμός ελεγκτή δικτύου-δικτύου
- Μονάδες αποθήκευσης: π.χ. μαγνητικός δίσκος, μαγνητική ταινία
 - Επικοινωνία ανθρώπου υπολογιστή
 - Επικοινωνία υπολογιστή υπολογιστή
 - Επικοινωνία υπολογιστή με άλλα όργανα

Μονάδες εισόδου/εξόδου

- Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των διατάξεων εισόδου/εξόδου διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους
- Κοινό χαρακτηριστικό μικρή ταχύτητα προσπέλασης που διαφέρει σημαντικά από μονάδα σε μονάδα
 - » πληκτρολόγιο: 10 ψηφιολέξεις το δευτερόλεπτο
 - » τοπικό δίκτυο: 10×10^6 ψηφιολέξεις το δευτερόλεπτο

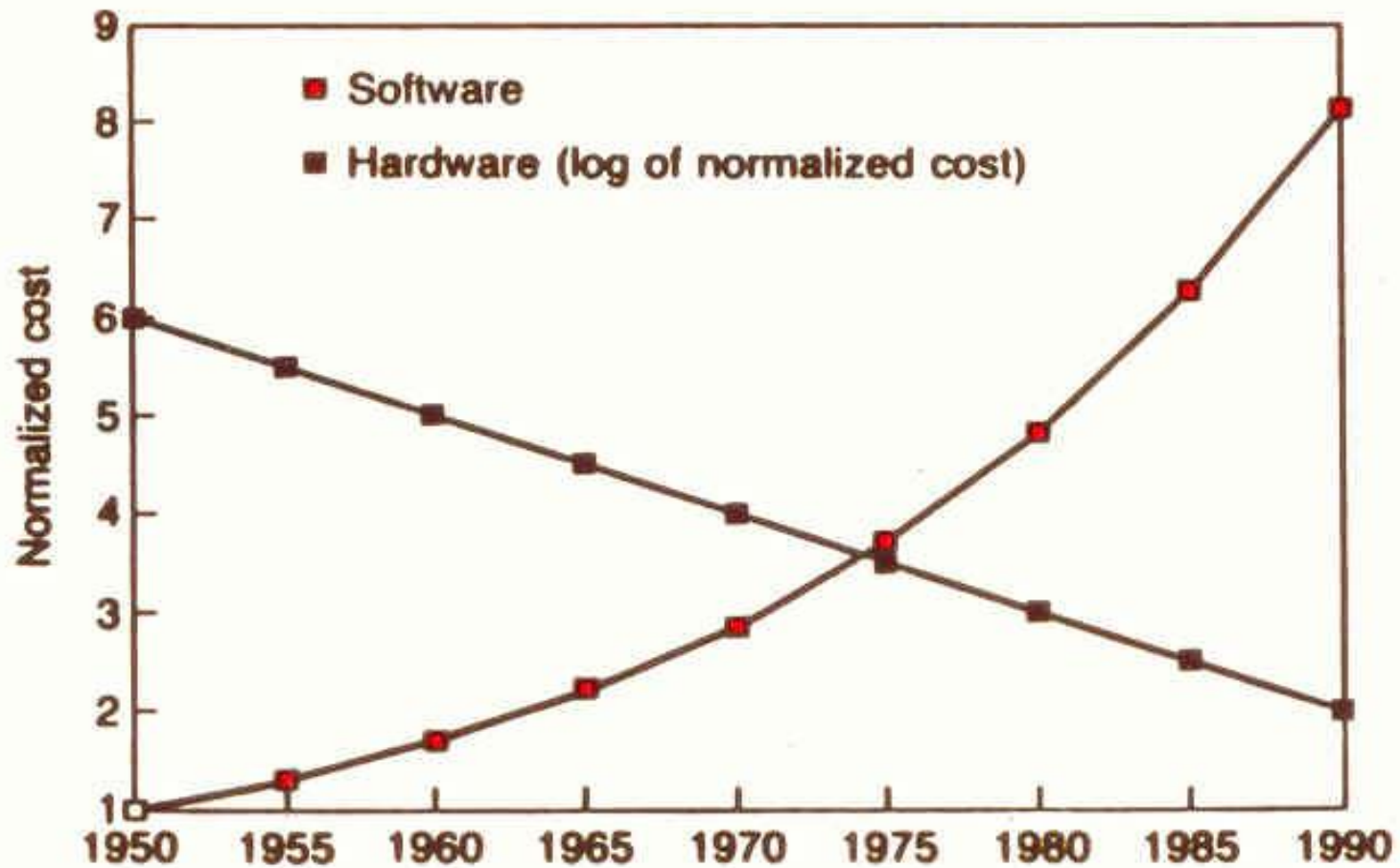
Κριτήρια Αξιολόγησης ενός Υπολογιστή

- **Κόστος**
- **Απόδοση**
- Βάρος
- Μέγεθος
- Κατανάλωση Ισχύος
- Αυτοδυναμία
- **Αξιοπιστία**

Κόστος

- Κόστος για το χρήστη
 - κόστος αγοράς
 - κόστος λειτουργίας
 - κόστος συντήρησης
- Κόστος για τον σχεδιαστή
 - απόσβεση κόστους αγοράς εξοπλισμού (π.χ. υπολογιστών και εργαλείων CAD)
 - απόσβεση κόστους ανάπτυξης
 - κόστος κατασκευής

Κόστος Υλικού και Λογισμικού

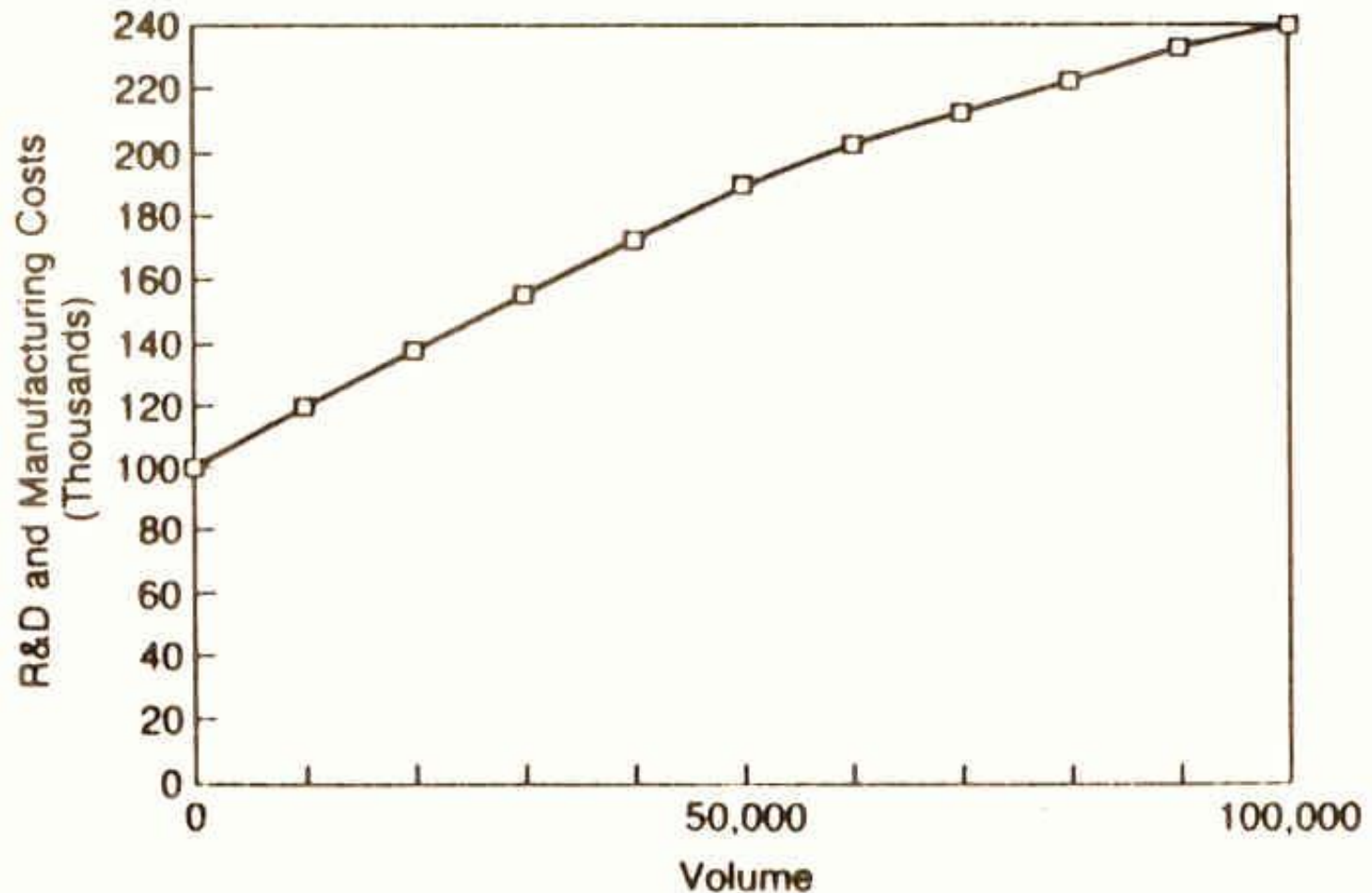


Κόστος του υλικού και του λογισμικού

Το κόστος του υλικού και του λογισμικού έχει δύο συνιστώσες:

1. Το κόστος ανάπτυξης ενός αντιγράφου του προϊόντος
2. Το κόστος κατασκευής ανά μονάδα

Συνολικό κόστος ως συνάρτηση της ποσότητας παραγωγής



Η τιμή πώλησης εξαρτάται πολύ από τον όγκο πωλήσεων όταν το κόστος ανάπτυξης είναι μεγάλο

Λόγος απόδοσης- κόστους

-----→ υψηλή απόδοση

λόγος απόδοσης/κόστους

χαμηλό κόστος ←-----

Απόδοση υπολογιστή

- Απόδοση $\approx 1/(\text{χρόνος εκτέλεσης προγραμμάτων})$
- Χρόνος αναμονής (response time)
- Αριθμός εκτελούμενων προγραμμάτων ανά ώρα (throughput) ή ο συνολικός χρόνος εκτέλεσης ενός συνόλου προγραμμάτων

Χρόνος εκτέλεσης

- **Υπόθεση:**

Στον υπολογιστή μας τρέχουν προγράμματα μόνο μίας εφαρμογής



ο χρόνος αναμονής καλείται και χρόνος εκτέλεσης

Χρόνος εκτέλεσης προγράμματος - υπόθεση 1

- **Υπόθεση 1:**

Το εκτελούμενο πρόγραμμα και τα απαιτούμενα δεδομένα βρίσκονται σε μία υποθετική μνήμη που βρίσκεται κοντά στην ΚΜΕ και δε βάζει καμία καθυστέρηση κατά την ανάγνωση ή εγγραφή



$$\text{Χρόνος εκτέλεσης} = XE_{\text{εντολών προγρ.}}$$

Χρόνος εκτέλεσης προγράμματος

$$XE_{\text{εντολών προγρ.}} =$$

= (κύκλοι ρολογιού που απαιτούνται για την εκτέλεση του προγράμματος) x (διάρκεια κύκλου ρολογιού)

Χρόνος εκτέλεσης προγράμματος - υπόθεση 1

KPE_i : πλήθος κύκλων ρολογιού που απαιτούνται για την εκτέλεση μίας εντολής του είδους i

Π_i : το πλήθος των εντολών του είδους i **που εκτελέστηκαν**

v : το πλήθος διαφορετικών ειδών εντολών του προγράμματος

$$\begin{aligned} XE_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^v KPE_i \times \Pi_i \right\} \times (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Χρόνος εκτέλεσης προγράμματος - υπόθεση 1

$$XE_{\text{εντολών προγρ.}} =$$

$$= \left\{ \sum_{i=1}^v KPE_i \times \Pi_i \right\} \times (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού})$$

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύγκριση:

ΚΜΕ ή

επεξεργαστών ή υπολογιστών

που διαφέρουν μόνο στον τρόπο υλοποίησης
της ΚΜΕ

Απόδοση ΚΜΕ

$$\begin{aligned} \text{ΧΕ}_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^v \text{ΚΡΕ}_i \times \Pi_i \right\} \times (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Μέσος αριθμός Κύκλων Ρολογιού ανά Εντολή:

$$\text{ΜΚΡΕ} = \left\{ \sum_{i=1}^v \text{ΚΡΕ}_i \times \Pi_i \right\} / (\text{πλήθος εντολών που εκτελούνται})$$

$$\begin{aligned} \text{ΧΕ}_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= (\text{πλήθος εντολών που εκτελούνται}) \times \text{ΜΚΡΕ} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Απόδοση ΚΜΕ

$$\begin{aligned} \text{ΧΕ}_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= (\text{πλήθος εντολών που εκτελούνται}) \times \text{ΜΚΡΕ} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Πλήθος εντολών που εκτελούνται} &= \\ &= f(\text{αρχιτεκτονική σε επίπεδο συνόλου εντολών} \\ &\quad \text{γλώσσας μηχανής, μεταγλωττιστής}) \end{aligned}$$

Απόδοση ΚΜΕ

$$\begin{aligned} \text{ΧΕ}_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= (\text{πλήθος εντολών που εκτελούνται}) \times \text{ΜΚΡΕ} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Πλήθος εντολών που εκτελούνται} &= \\ &= f(\text{αρχιτεκτονική σε επίπεδο συνόλου εντολών} \\ &\quad \text{γλώσσας μηχανής, μεταγλωττιστής}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ΜΚΡΕ} &= f(\text{υλοποίηση, οργάνωση, αρχιτεκτονική σε} \\ &\quad \text{επίπεδο συνόλου εντολών γλώσσας μηχανής}) \end{aligned}$$

Απόδοση ΚΜΕ

$$\begin{aligned} \text{ΧΕ}_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= (\text{πλήθος εντολών που εκτελούνται}) \times \text{ΜΚΡΕ} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Πλήθος εντολών που εκτελούνται} &= \\ &= f(\text{αρχιτεκτονική σε επίπεδο συνόλου εντολών} \\ &\quad \text{γλώσσας μηχανής, μεταγλωττιστής}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ΜΚΡΕ} &= f(\text{υλοποίηση, οργάνωση, αρχιτεκτονική σε} \\ &\quad \text{επίπεδο συνόλου εντολών γλώσσας μηχανής}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Διάρκεια κύκλου ρολογιού} &= \\ &= f(\text{τεχνολογία υλοποίησης, υλοποίηση και οργάνωση}) \end{aligned}$$

Απόδοση ΚΜΕ

$$\begin{aligned} \text{ΧΕ}_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^v \text{ΚΡΕ}_i \times \Pi_i \right\} \times (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ΧΕ}_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= (\text{πλήθος εντολών που εκτελούνται}) \times \text{ΜΚΡΕ} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ - Κύριας Μνήμης

Υπόθεση 2:

- Δεν υπάρχει κρυφή μνήμη μεταξύ ΚΜΕ και κύριας μνήμης
- Η κύρια μνήμη βάζει καθυστέρηση στην ανάγνωση εντολών και δεδομένων ή εγγραφή αποτελεσμάτων
- Η κύρια μνήμη περιέχει όλο το πρόγραμμα που εκτελείται και τα απαιτούμενα δεδομένα

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ - Κύριας Μνήμης

πλήθος κύκλων ρολογιού ανάγνωσης εντολής ή/και
ανάγνωσης/εγγραφής δεδομένων =

f (πλήθους θέσεων μνήμης που καταλαμβάνει η εντολή,
χρόνου προσπέλασης κύριας μνήμης,
ποσότητας δεδομένων που μεταφέρονται προς ή
από την κύρια μνήμη)=

f (είδος εντολής, χρόνος προσπέλασης κύριας μνήμης,
οργάνωση κύριας μνήμης)

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ - Κύριας Μνήμης

$$\begin{aligned} \text{XE}_{\text{εντολών προγρ.}} = \\ = \left\{ \sum_{i=1}^v \text{ΚΡΕ}_i \times \Pi_i \right\} \times (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ - Κύριας Μνήμης

$KPE_i(KME)$: πλήθος κύκλων ρολογιού που απαιτούνται για την εκτέλεση μίας εντολής του είδους i όταν η κύρια μνήμη δεν βάζει καμία καθυστέρηση

$KPE_i(\text{κύρια μνήμη})$: πλήθος κύκλων ρολογιού που απαιτούνται για την προσκόμιση μίας εντολής του είδους i και την ανάγνωση δεδομένων ή εγγραφή αποτελεσμάτων στην κύρια μνήμη

$$XE_{\text{εντολών προγρ.}} =$$

$$= \left\{ \sum_{i=1}^V [KPE_i(KME) + KPE_i(\text{κύρια μνήμη})] \times \Pi_i \right\} \times$$

(διάρκεια κύκλου ρολογιού)

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ - Κύριας Μνήμης

$$\begin{aligned} XE_{\text{εντολών προγρ.}} = \\ = \left\{ \sum_{i=1}^v [KPE_i(KME) + KPE_i(\text{κύρια μνήμη})] \times \Pi_i \right\} \times \\ (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$



Ο χρόνος εκτέλεσης ή ισοδύναμα η απόδοση
εξαρτάται και από το χρόνο προσπέλασης της
κύριας μνήμης

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ - Κρυφής μνήμης - Κύριας μνήμης

Υπόθεση 3:

- Υπάρχει κρυφή μνήμη μεταξύ ΚΜΕ και κύριας μνήμης
- Η κύρια μνήμη βάζει καθυστέρηση στην ανάγνωση εντολών και δεδομένων ή εγγραφή αποτελεσμάτων
- Η κύρια μνήμη περιέχει όλο το πρόγραμμα που εκτελείται και τα απαιτούμενα δεδομένα

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ – ενοποιημένης κρυφής μνήμης - κύριας μνήμης

E: λόγος επιτυχίας της κρυφής μνήμης

$$\begin{aligned} XE_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^v [KPE_i(KME) \times \Pi_i + \right. \\ &\quad E \times KPE_i(\text{κρυφή μνήμη}) \times \Pi_i + \\ &\quad \left. (1-E) \times KPE_i(\text{κύρια μνήμη}) \times \Pi_i] \right\} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ – ενοποιημένης κρυφής μνήμης - κύριας μνήμης

E: λόγος επιτυχίας της κρυφής μνήμης

$$\begin{aligned} XE_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^v [KPE_i(KME) + E \times KPE_i(\text{κρυφή μνήμη}) + \right. \\ &\quad \left. (1-E) \times KPE_i(\text{κύρια μνήμη})] \times \Pi_i \right\} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ – ενοποιημένης κρυφής μνήμης - κύριας μνήμης

$$\begin{aligned} XE_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^v [KPE_i(KME) + E \times KPE_i(\text{κρυφή μνήμη}) + \right. \\ &\quad \left. (1-E) \times KPE_i(\text{κύρια μνήμη})] \times \Pi_i \right\} \times \\ &\quad (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$



Ο χρόνος εκτέλεσης ή ισοδύναμα η απόδοση
εξαρτάται και
από τον χρόνο προσπέλασης της κρυφής μνήμης και
από το λόγο επιτυχίας της κρυφής μνήμης

Απόδοση συστήματος ΚΜΕ –κρυφής μνήμης εντολών/κρυφής μνήμης δεδομένων- κύριας μνήμης

E_1 : λόγος επιτυχίας της κρυφής μνήμης εντολών

E_2 : λόγος επιτυχίας της κρυφής μνήμης δεδομένων

$$\begin{aligned} XE_{\text{εντολών προγρ.}} &= \\ &= \left\{ \sum_{i=1}^v [KPE_i(KME) + E_1 \times KPE_i(\text{κρυφή μνήμη εντολών}) + \right. \\ &\quad E_2 \times KPE_i(\text{κρυφή μνήμη δεδομένων}) + \\ &\quad (1-E_1) \times KPE_i(\text{κύρια μνήμη-προσπέλαση εντολών}) + \\ &\quad \left. (1-E_2) \times KPE_i(\text{κύρια μνήμη-προσπέλαση δεδομένων})] \times \right. \\ &\quad \left. \Pi_i \right\} \times (\text{διάρκεια κύκλου ρολογιού}) \end{aligned}$$

Απόδοση συστήματος υπολογιστή

Υπόθεση 4:

- Υπάρχει ένα επίπεδο κρυφής μνήμης μεταξύ ΚΜΕ και κύριας μνήμης
- Η κύρια μνήμη βάζει καθυστέρηση στην ανάγνωση εντολών και δεδομένων ή εγγραφή αποτελεσμάτων
- Η κύρια μνήμη δεν μπορεί να περιέχει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα ή και όλο το πρόγραμμα που εκτελείται
- Υπάρχει ιδεατή μνήμη

Απόδοση συστήματος υπολογιστή

$$XE_{\text{προγρ.}} =$$

$$= XE_{\text{εντολών προγρ.}} + XE_{\text{εντολών συστήματος}} + I/O_{\text{χρόνος}}$$

$XE_{\text{εντολών προγρ.}}$: χρόνος προσπέλασης και εκτέλεσης των εντολών του προγράμματος

$XE_{\text{εντολών συστήματος}}$: χρόνος προσπέλασης και εκτέλεσης εντολών του λειτουργικού συστήματος

$I/O_{\text{χρόνος}}$: χρόνος μεταφοράς πληροφορίας μεταξύ κύριας και βοηθητικής μνήμης

Χρόνος εκτέλεσης προγράμματος

$$XE_{\text{προγρ.}} =$$

$$= XE_{\text{εντολών προγρ.}} + XE_{\text{εντολών συστήματος}} + I/O_{\text{χρόνος}}$$



- Ο χρόνος εκτέλεσης εξαρτάται επίσης από:
 - τη χωρητικότητα της κύριας μνήμης και
 - την ταχύτητα της βοηθητικής μνήμης
(εξαρτάται από την ύπαρξη κρυφής
μνήμης δίσκου)

MIPS

MIPS (προφέρεται μιπς)

MFLOPS (προφέρεται μεγαφλοπς)

MIPS

“MIPS (προφέρεται μιπς)”

MIPS : “Million Instructions Per Second”

ένας υπολογιστής που εκτελεί περισσότερες
εντολές ανά δευτερόλεπτο από κάποιον άλλο
θα εκτελεί ένα πρόγραμμα πιο γρήγορα

;

MIPS

- Ο χρόνος εκτέλεσης μιας εντολής εξαρτάται από την πολυπλοκότητά της



Ακόμη και στον ίδιο υπολογιστή τρέχοντας διαφορετικά προγράμματα υπολογίζουμε διαφορετική τιμή του MIPS

MIPS

- Το πλήθος των εντολών ενός προγράμματος, σε επίπεδο εντολών γλώσσας μηχανής, μιας συγκεκριμένης εφαρμογής εξαρτάται από το ρεπερτόριο εντολών του υπολογιστή

Τα MIPS μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σύγκριση επεξεργαστών που έχουν την ίδια αρχιτεκτονική σε επίπεδο εντολών γλώσσας μηχανής αλλά διαφορετικές υλοποιήσεις

MFLOPS

“MFLOPS (προφέρεται μεγαφλοπς)”

MFLOPS : “Million Floating Point Operations Per Second”

- Η τιμή του μέτρου αυτού αλλάζει ανάλογα με το ποσοστό των πράξεων κινητής υποδιαστολής σε σχέση με πράξεις σταθερής υποδιαστολής &
- ανάλογα με το ποσοστό των αργών πράξεων κινητής υποδιαστολής σε σχέση με τις γρήγορες

Benchmarks

SPECxx μετροπρογράμματα (benchmarks).

SPECintxx μετροπρογράμματα που έχουν ως στόχο την αξιολόγηση της απόδοσης του υπολογιστή για εφαρμογές επεξεργασίας ακεραίων.

SPECfprrx που έχουν ως στόχο την αξιολόγηση της απόδοσης του υπολογιστή για εφαρμογές που βασίζονται σε επεξεργασία αριθμών κινητής υποδιαστολής.