



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Ενότητα 10: Ιεραρχία Μνήμης.

Δρ. Μηνάς Δασυγένης

mdasyg@ieee.org

Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής
Υπολογιστών

<http://arch.ece.uowm.gr/mdasyg>



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
πρόσβαση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΝΤΟΤΕΜΝΩΝ & ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Σκοπός ενότητας

- Το πρόβλημα της περιορισμένου μεγέθους και αργής εξωτερικής μνήμης.
- Η κατανόηση της σημαντικότητας της ιεραρχίας της μνήμης, ως τεχνικής αύξησης των επιδόσεων και μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας.



Η ιεραρχία μνήμης προτάθηκε το 1946

Ideally one would desire an **indefinitely large memory** capacity such that any particular.. word would be immediately available... We are forced to recognize the possibility of constructing a hierarchy of memories, each of which has **greater capacity** than the preceding but which is less quickly is **less quickly accessible**.

**A.W.Burks, H.H.Goldstine
and J.von Neumann**

Preliminary Discussion of the
Logical Design of an Electronic
Computing Instrument (1946)

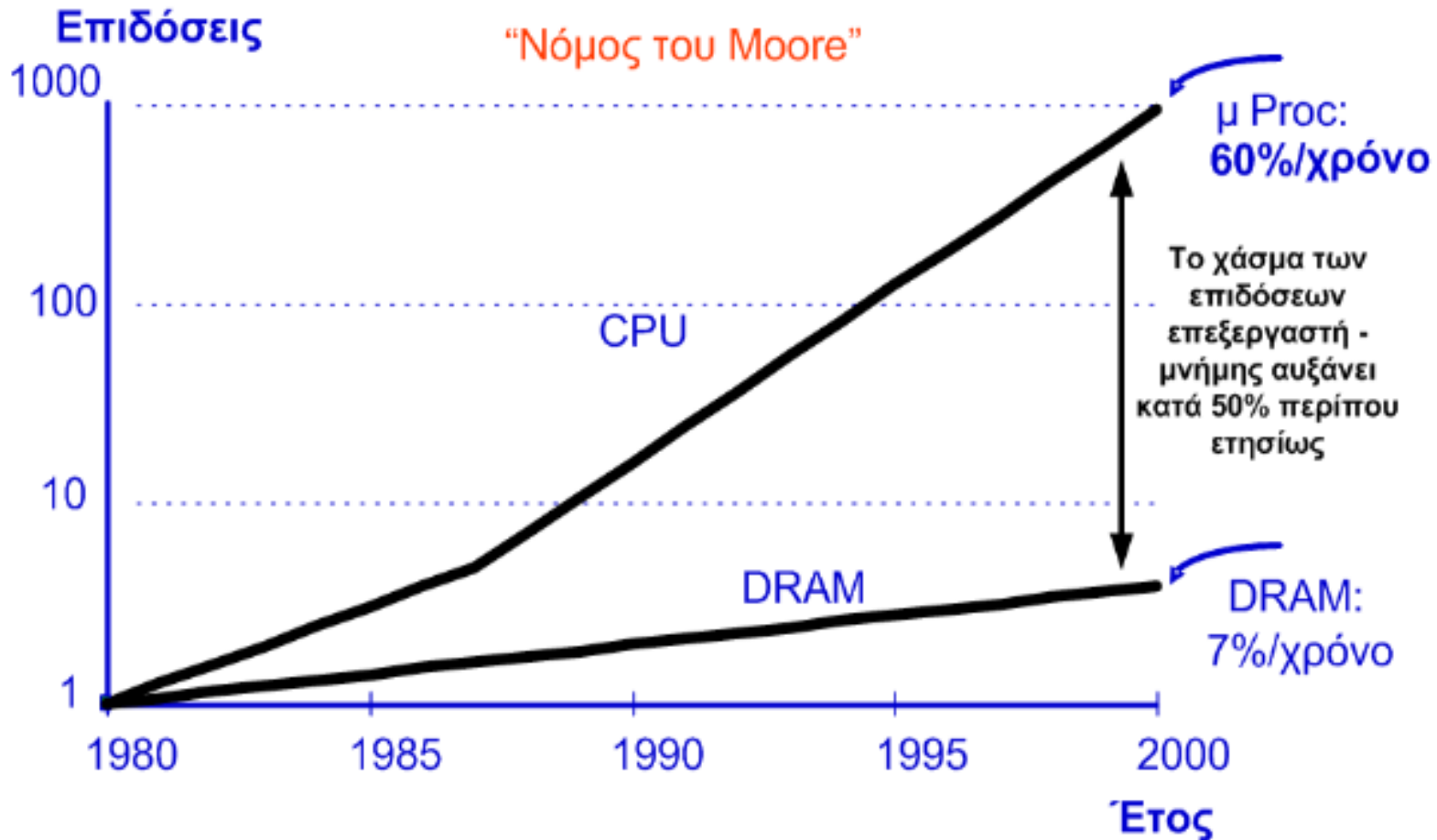


Το πρόβλημα της μνήμης



- Το ποσό της μνήμης πότε δεν είναι αρκετό.
- Απαιτείται συνεχώς μεγαλύτερο ποσό μνήμης.
- Ο ιδανικός υπολογιστής για τους προγραμματιστές θα είχε απεριόριστη χωρητικότητα μνήμης.

Η ιεραρχία της μνήμης χρησιμοποιείται για να γεφυρώσει το χάσμα των επιδόσεων



Τι ισχύει για τις μνήμες;

- Πιο μικρός χρόνος προσπέλασης, μεγαλύτερο κόστος ανά bit.
- Μεγαλύτερο μέγεθος, μικρότερο κόστος ανά bit.
- Μεγαλύτερο μέγεθος, πιο μεγάλος χρόνος προσπέλασης.
- Μεγαλύτερο μέγεθος, μεγαλύτερο ενεργειακό κόστος πρόσβασης ανά bit.



Γενικά για την ιεραρχία μνήμης (1/2)

- Οι διάφορες τεχνολογίες μνήμης τοποθετούνται σε μια σειρά από επίπεδα.
- Το χαμηλότερο επίπεδο βρίσκεται πιο κοντά στον επεξεργαστή.
- Όσο πλησιάζουμε τον επεξεργαστή:
 - το κόστος ανά bit αυξάνει.
 - Η χωρητικότητα μνήμης του επιπέδου μειώνεται.
 - Η ταχύτητα πρόσβασης αυξάνει.
 - Η ενέργεια πρόσβασης μειώνεται.
 - Η συχνότητα προσβάσεων αυξάνεται.



Γενικά για την ιεραρχία μνήμης (2/2)

- Η γρήγορη μνήμη είναι ακριβή.
- Η αργή μνήμη είναι φθηνή.
- Δεν υπάρχει μέγιστος αριθμό από επίπεδα.



Ποιο είναι το βασικό χαρακτηριστικό της μνήμης;

- Η ιεραρχία μνήμης εκμεταλλεύεται με επιτυχία την τοπικότητα των αναφορών (*locality of reference*).
- Η τοπικότητα των αναφορών είναι:
 - **Χωρική** (*spatial*): Αν έγινε πρόσβαση σε μια διεύθυνση X τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να γίνει πρόσβαση και στη διεύθυνση $X+1$.
 - **Χρονική** (*temporal*): Αν έγινε πρόσβαση σε μια διεύθυνση X τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα μετά από σύντομο διάστημα να γίνει πρόσβαση πάλι στη διεύθυνση X .
- Βασίζεται επίσης στο
“Όσο πιο μικρό υλικό τόσο πιο γρήγορο”.



Ποια είναι η αρχή της τοπικότητας;

Αρχή της τοπικότητας:

τα προγράμματα έχουν την τάση να χρησιμοποιούν δεδομένα και εντολές που έχουν χρησιμοποιηθεί πρόσφατα ή που είναι κοντά.

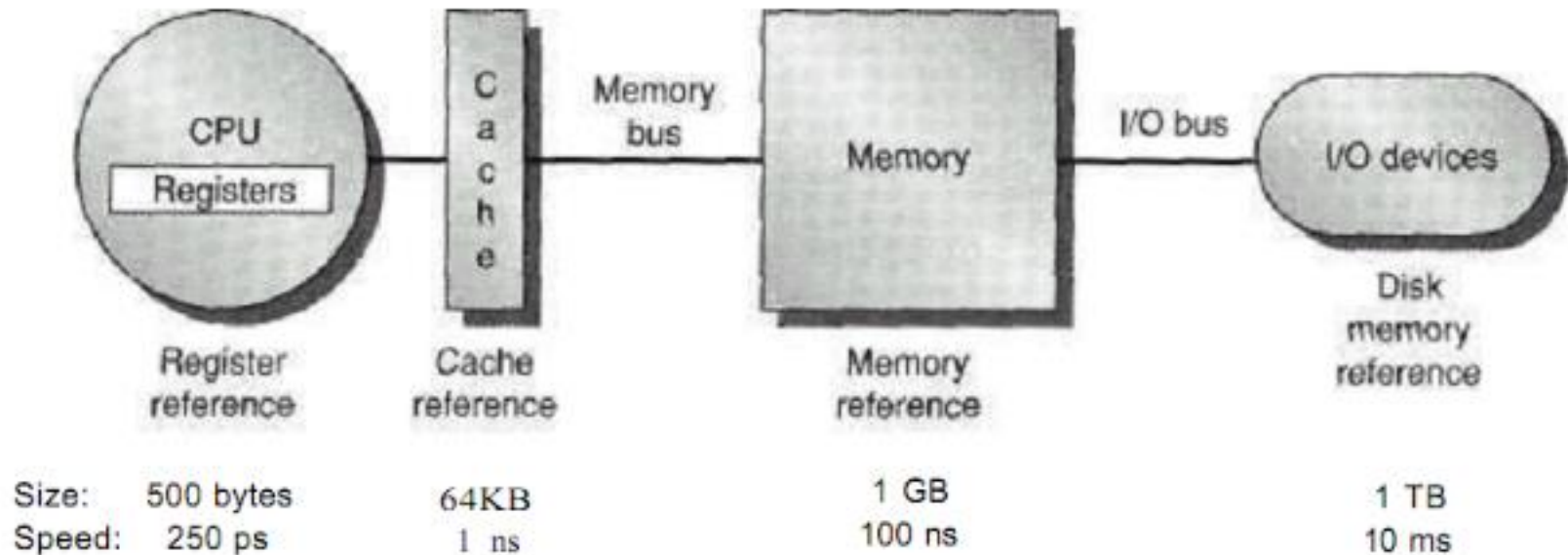


Ποιος είναι ο στόχος της ιεραρχίας μνήμης;

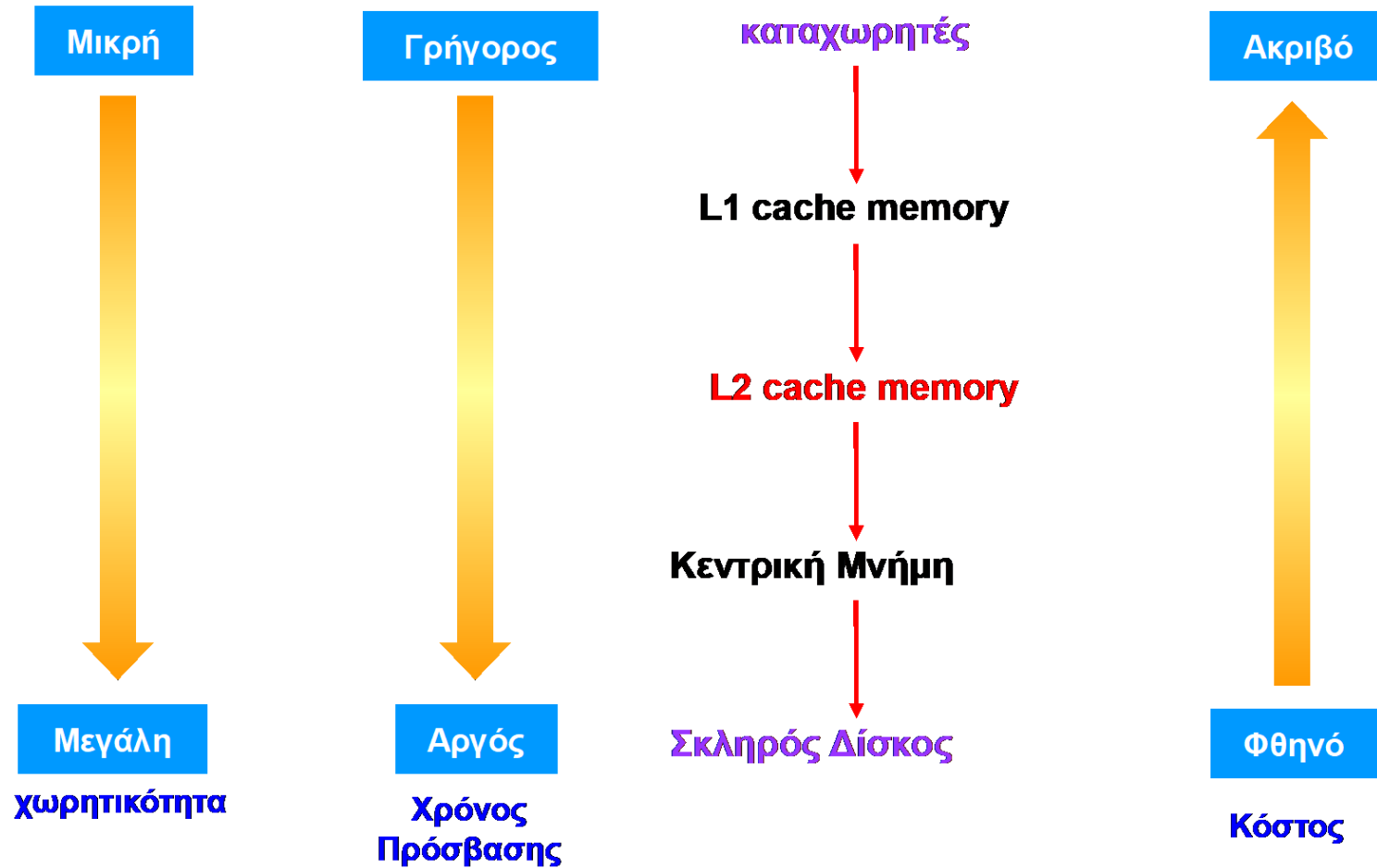
- Να παρέχεται ένα υποσύστημα μνήμης με **κόστος** ανά byte όσο χαμηλό όσο το πιο φθηνό κόστος ανά byte που υπάρχει στην ιεραρχία, με **χωρητικότητα** όσο η χωρητικότητα του μεγαλύτερου επιπέδου μνήμης, και με ταχύτητα σχεδόν τη **ταχύτητα** του πιο γρήγορου επιπέδου.
- Εμπειρικός Κανόνας: Το 90% του χρόνου εκτέλεσης καταναλώνεται στο 10% του κώδικα.



Μια τυπική ιεραρχία μνήμης



Ιδιότητες της ιεραρχίας μνήμης

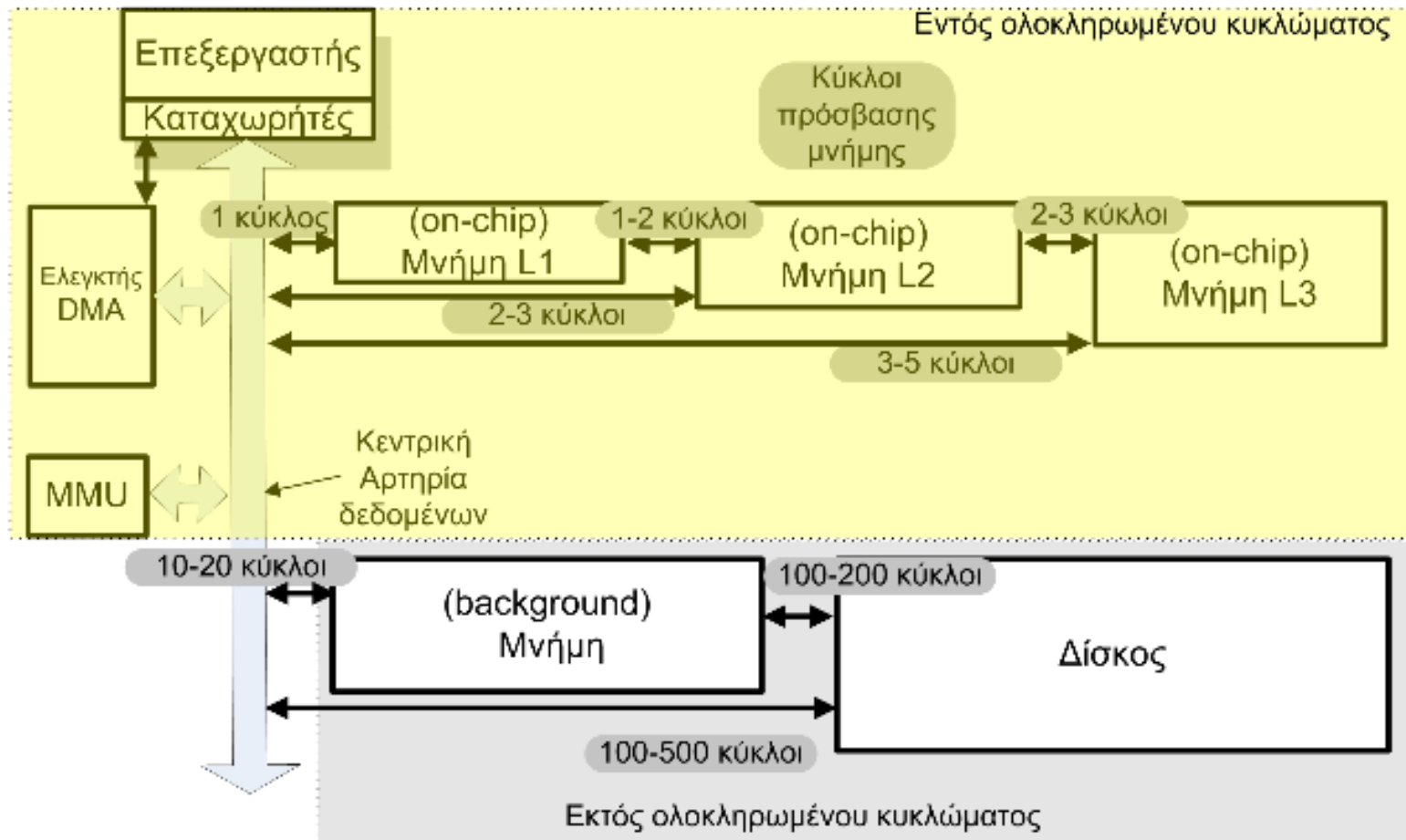


Ποια είναι η σχέση των επιπέδων;

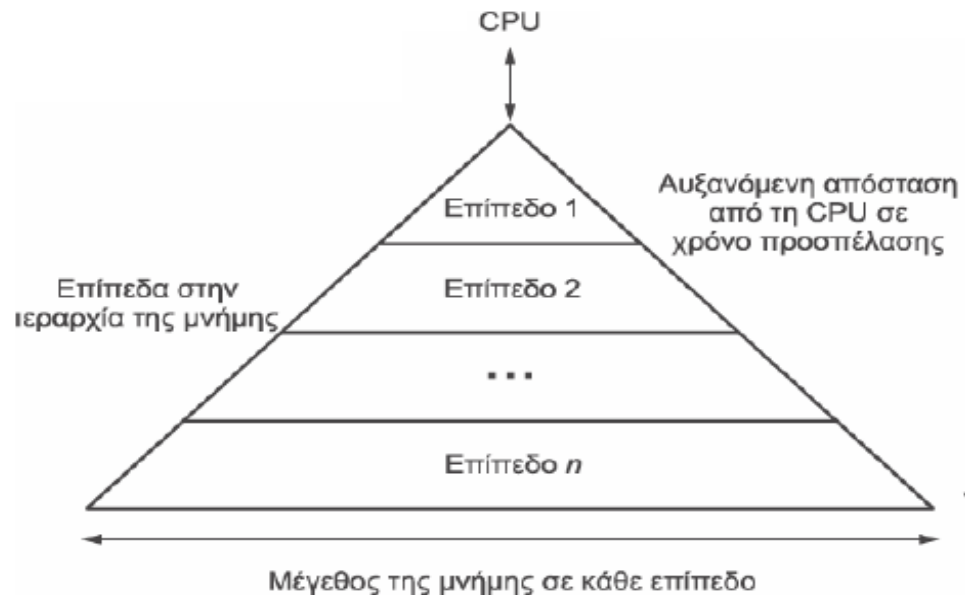
- Κάθε επίπεδο έχει δεδομένα που είναι υποσύνολο του μεγαλύτερου επιπέδου *(του επιπέδου πιο μακριά από τον επεξεργαστή)*.
- Κάθε επίπεδο έχει δεδομένα που είναι υπερσύνολο του μικρότερου επιπέδου *(του επιπέδου πιο κοντά στον επεξεργαστή)*.
- Κάθε επίπεδο είναι μεγαλύτερο σε χωρητικότητα από το μικρότερο επίπεδο *(πιο κοντά στον επεξεργαστή)*.



Ιεραρχία μνήμης



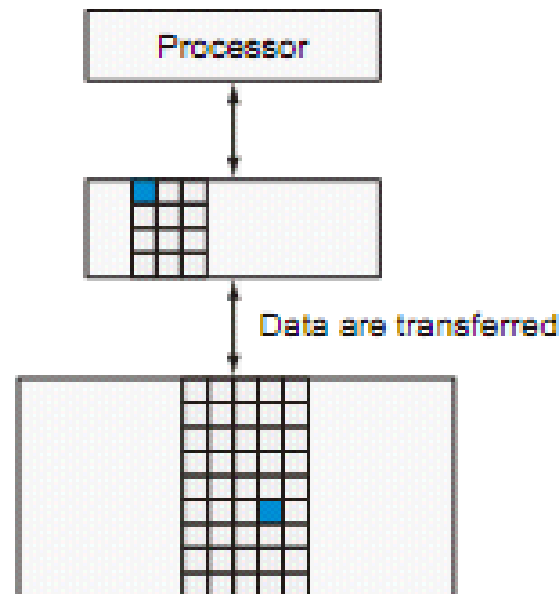
Βασική Δομή ιεραρχίας μνήμης



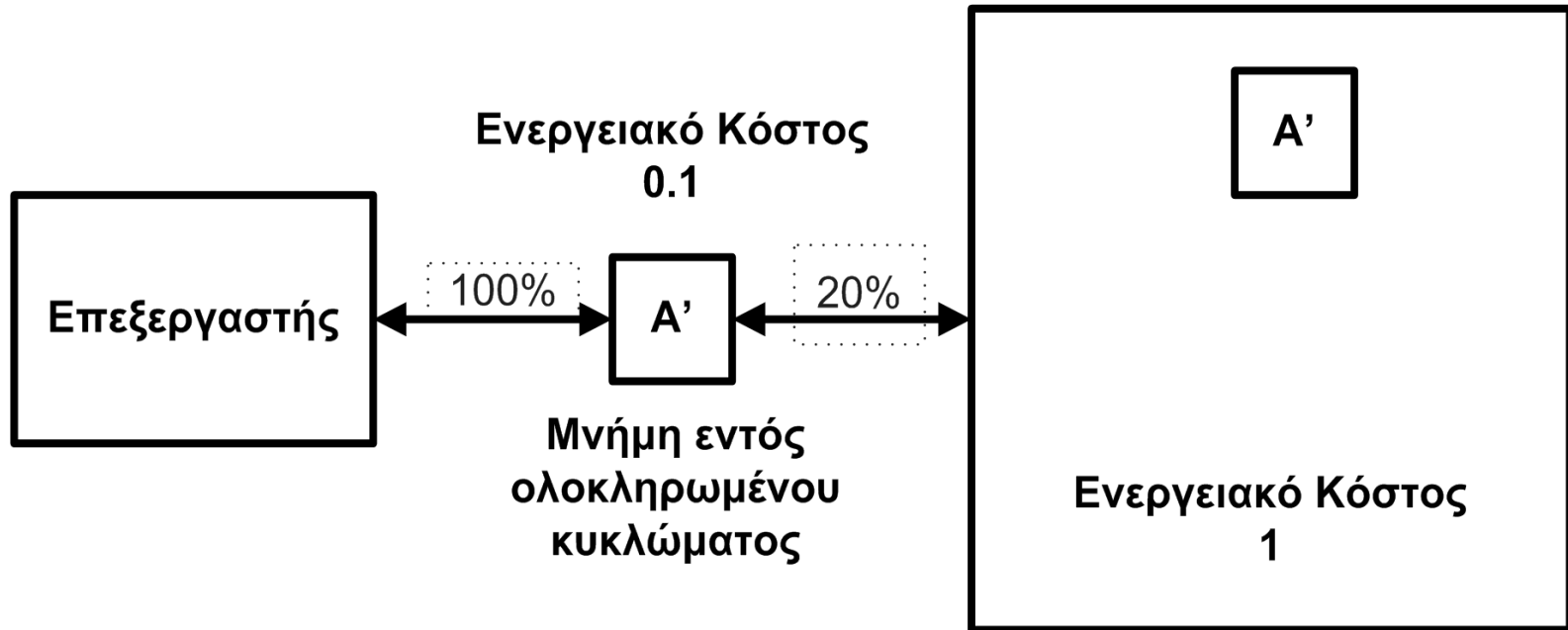
- Αυτή η δομή με κατάλληλους μηχανισμούς λειτουργίας, επιτρέπει στον επεξεργαστή να έχει χρόνο προσπέλασης που καθορίζεται κυρίως από το επίπεδο 1 και διαθέτει μνήμη τόσο μεγάλη όσο το επίπεδο n.

Η έννοια του block

- **Μπλοκ** (*block*): ελάχιστη μονάδα πληροφορίας που μπορεί να είναι παρούσα ή όχι στην ιεραρχία δύο επιπέδων.



Κέρδη στην κατανάλωση ενέργειας με την επαναχρησιμοποίηση δεδομένων (1/2)



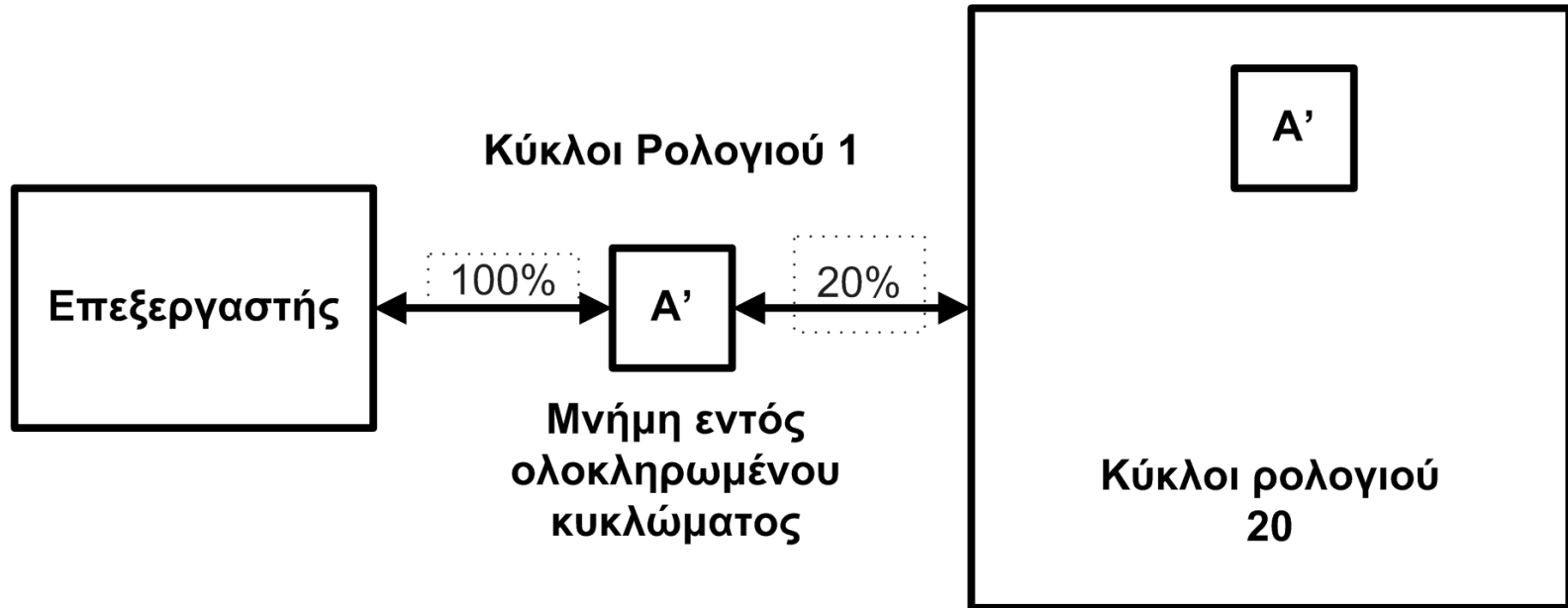
Κατανάλωση Ισχύος
(χωρίς αντίγραφο) = 100%

Κατανάλωση Ισχύος
(με αντίγραφο) =
 $100 \times 0.1 + 20 \times 1 = 21\%$

% ποσοστό προσβάσεων



Κέρδη στην κατανάλωση ενέργειας με την επαναχρησιμοποίηση δεδομένων (2/2)



Χρόνος Εκτέλεσης
(χωρίς αντίγραφο) =
 $100 \times 20 = 2000$ κύκλοι

Χρόνος Εκτέλεσης
(με αντίγραφο) =
 $100 \times 1 + 20 \times 1 + 20 \times 20 = 520$ κύκλοι

% ποσοστό προσβάσεων



Τι είναι η κρυφή μνήμη δίσκου; (*disk cache*);

- Ένα μέρος της κύριας μνήμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ενδιάμεση μνήμη για να συγκρατήσει προσωρινά δεδομένα τα οποία πρόκειται να σταλούν σε κάποιο δίσκο.
- Βελτιώνει την απόδοση γιατί:
 - Οι εγγραφές ομαδοποιούνται. Αντί για πολλές μικρές μεταφορές, έχουμε λίγες μεγάλες μεταφορές (*καλύτερη χρήση του DMA*).
 - Μερικά δεδομένα τα οποία προορίζονται για εγγραφή στο δίσκο, μπορεί να χρειαστούν σε κάποιο πρόγραμμα πριν από την επόμενη τους αποθήκευση στο δίσκο.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
ανάπτυξη στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

