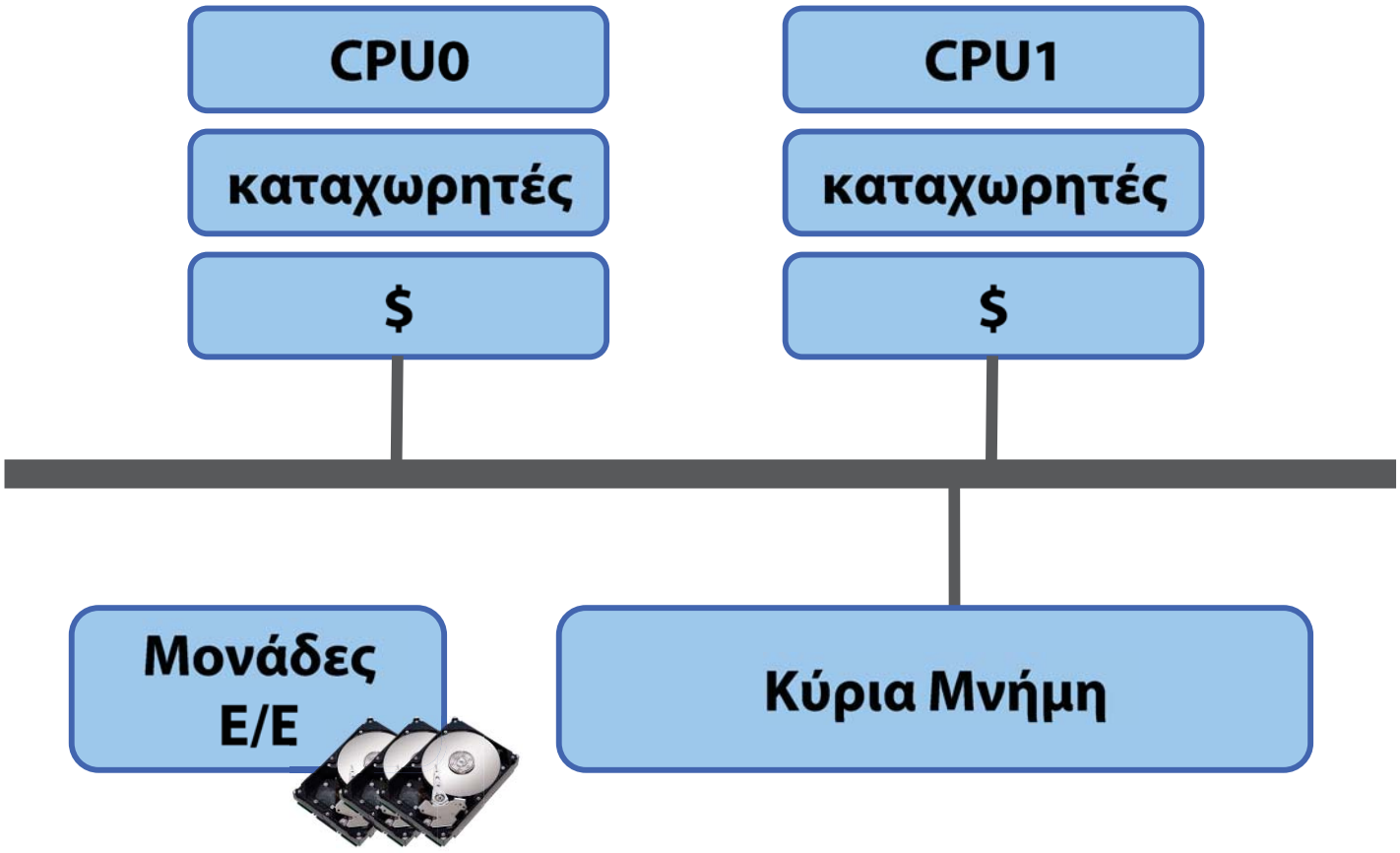
Διαχείριση Κύριας Μνήμης - Σύνοψη

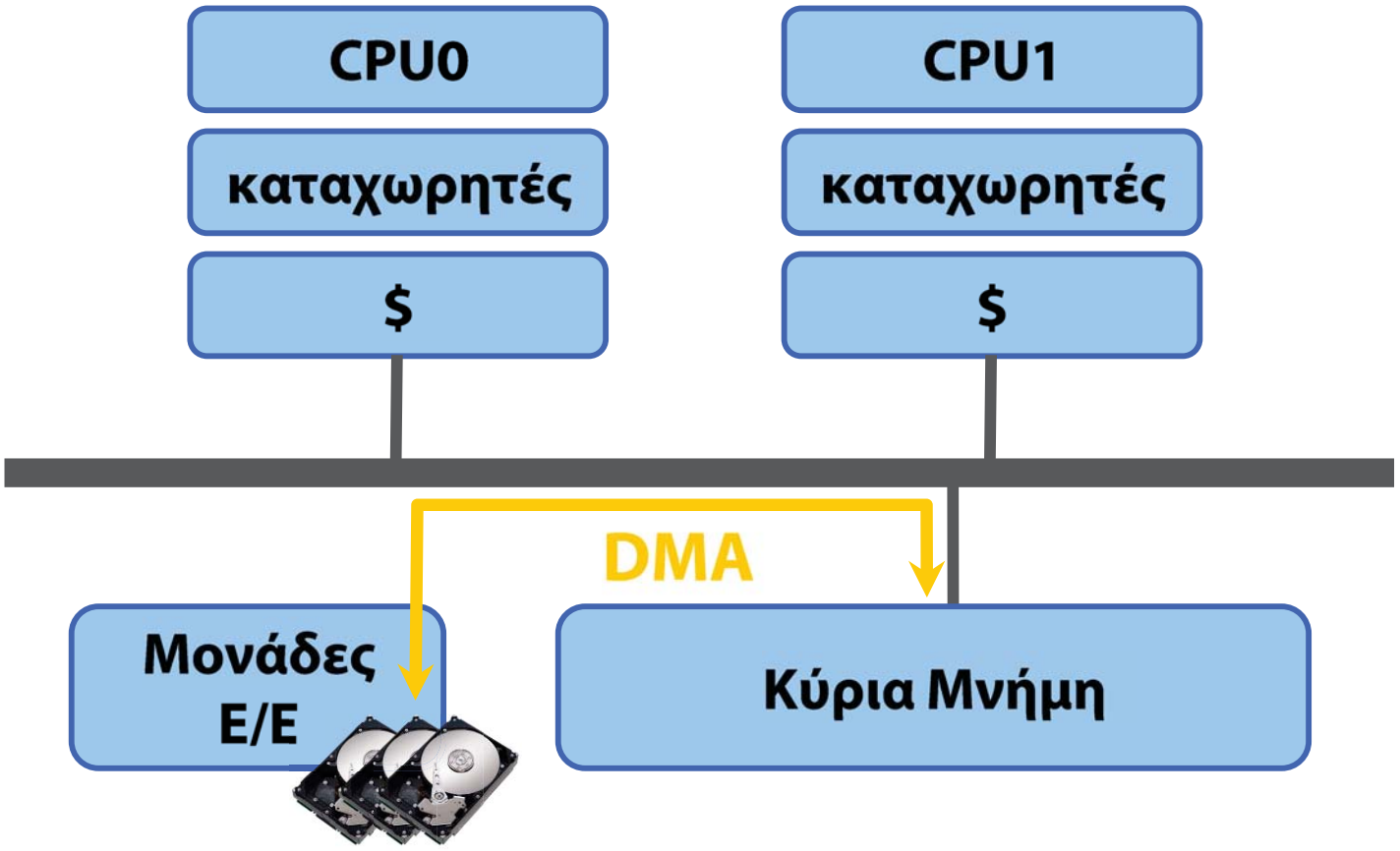
- Ιεραρχία μνήμης
- Μεταγλώττιση – φόρτωση – εκτέλεση κώδικα
- Καθορισμός διευθύνσεων
- Εναλλαγή διεργασιών
- Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης
  - Στρατηγικές κατανομής, κατακερματισμός
- Σελιδοποίηση
  - Μετάφραση διευθύνσεων, πίνακες σελίδων, TLBs
  - Οργάνωση πινάκων σελίδων
- Κατάτμηση

Κύρια Μνήμη (1)



- Κάθε CPU αναφέρεται απευθείας σε καταχωρητές και μνήμη
- Συσκευές Ε/Ε εκτελούν Απευθείας Πρόσβαση στη Μνήμη (Direct Memory Access - DMA)

Κύρια Μνήμη (1)



- Κάθε CPU αναφέρεται απευθείας σε καταχωρητές και μνήμη
- Συσκευές Ε/Ε εκτελούν Απευθείας Πρόσβαση στη Μνήμη (Direct Memory Access - DMA)

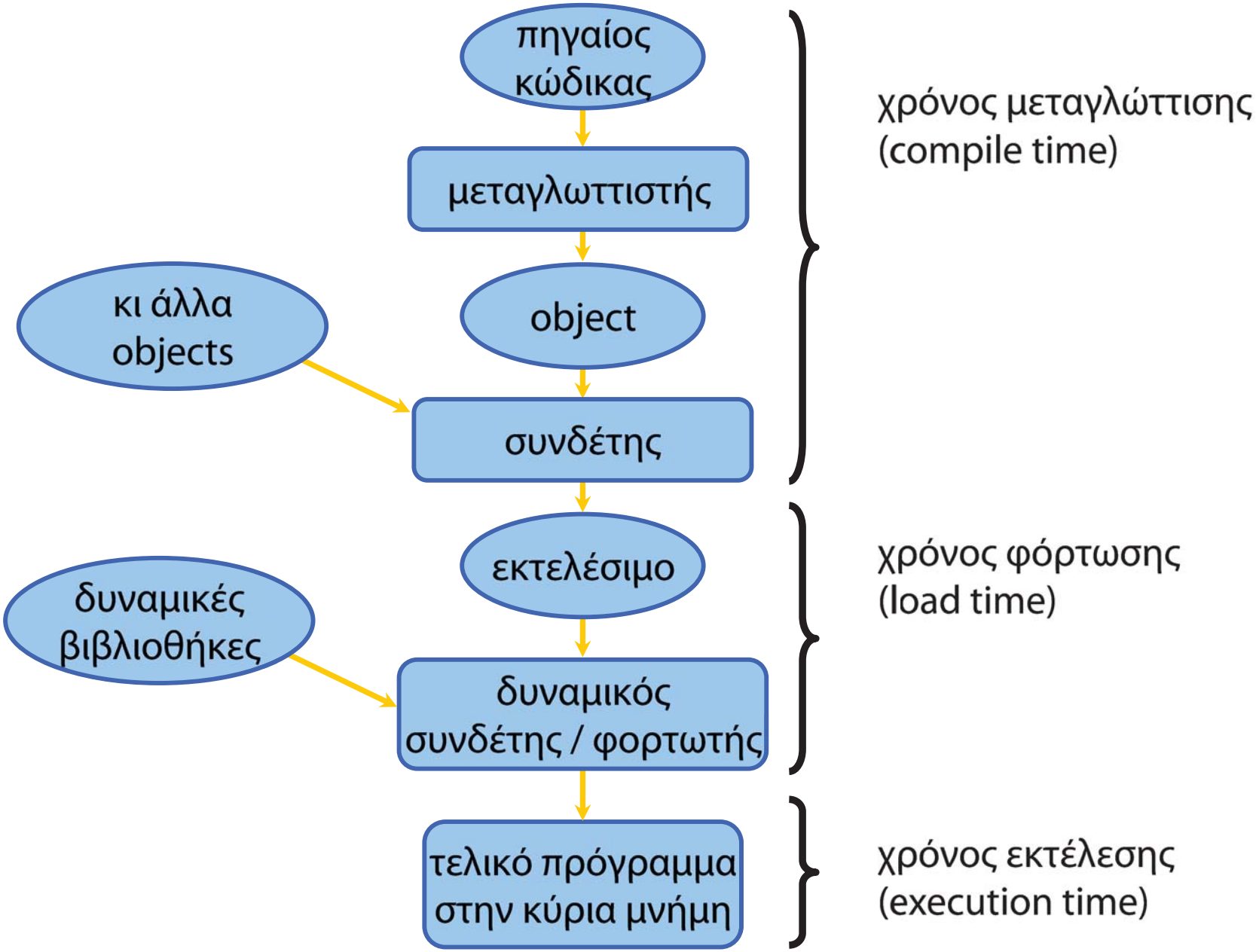
Κύρια Μνήμη (2)

- Τα προγράμματα βρίσκονται στην Κύρια Μνήμη όταν εκτελούνται
  - Ένα εκτελέσιμο φορτώνεται από το δίσκο…
  - … και εκτελείται μέσα σε μια διεργασία
- Η CPU αναφέρεται απευθείας μόνο σε καταχωρητές και διευθύνσεις μνήμης
  - Η κρυφή μνήμη μειώνει το κόστος πρόσβασης
    - Όταν υπάρχει χωρική ή χρονική τοπικότητα
- Πόσα προγράμματα είναι ταυτόχρονα φορτωμένα;
  - Πολυπρογραμματισμός
  - Ανάγκη για *προστασία μνήμης*

Διαχείριση Κύριας Μνήμης - Σύνοψη

- Ιεραρχία μνήμης
- Μεταγλώττιση – φόρτωση – εκτέλεση κώδικα
- Καθορισμός διευθύνσεων
- Εναλλαγή διεργασιών
- Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης
  - Στρατηγικές κατανομής, κατακερματισμός
- Σελιδοποίηση
  - Μετάφραση διευθύνσεων, πίνακες σελίδων, TLBs
  - Οργάνωση πινάκων σελίδων
- Κατάτμηση

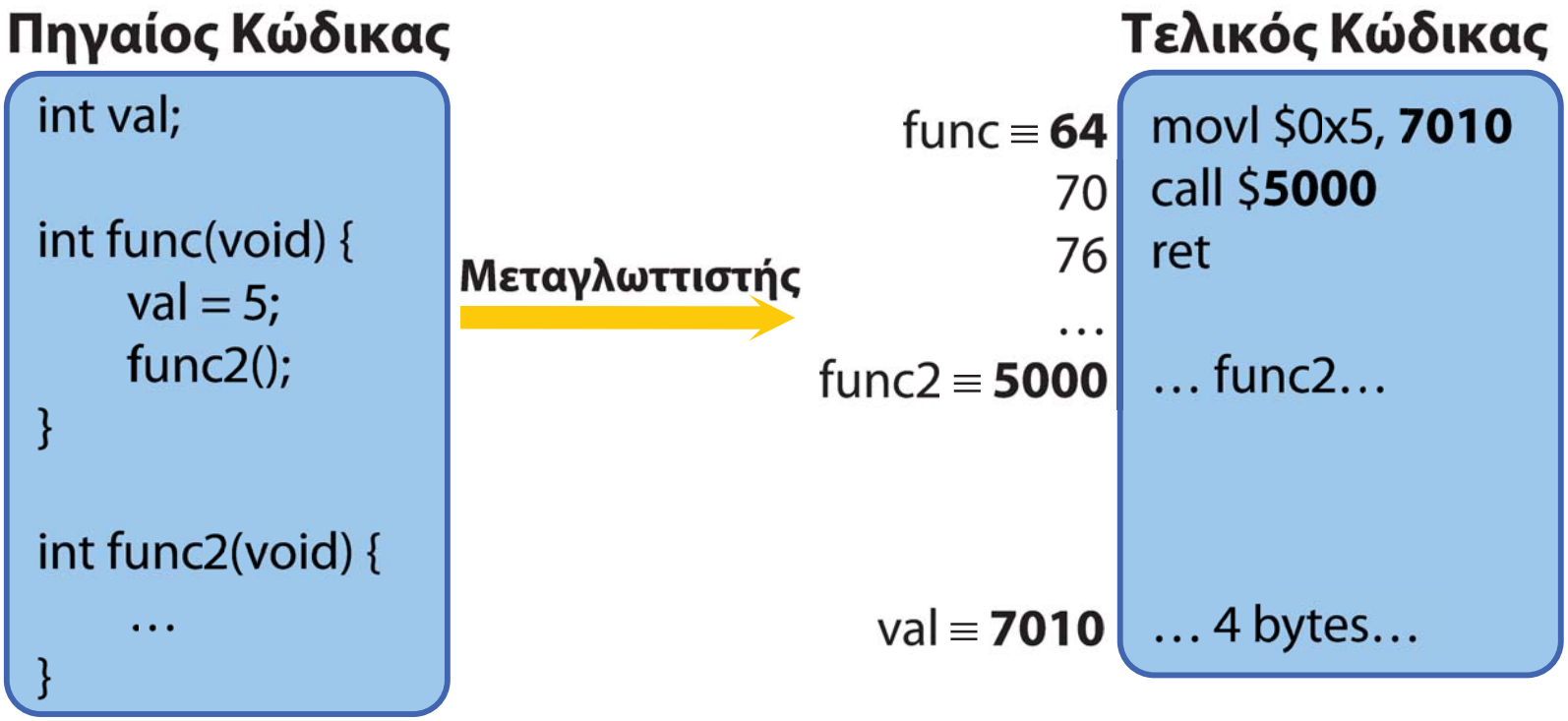
Μεταγλώττιση – Φόρτωση - Εκτέλεση



Καθορισμός διευθύνσεων - Address Binding

- Address Binding: μεταβλητές και συναρτήσεις (*σύμβολα*) → διευθύνσεις μνήμης
- **Πότε;** Ξέρουμε πού θα βρίσκεται το πρόγραμμα στη μνήμη;
  - Στο χρόνο μεταγλώττισης: *απόλυτος* κώδικας
  - Στο χρόνο φόρτωσης: *μετατοπίσιμος* (relocatable) κώδικας
  - Στο χρόνο εκτέλεσης: με την υποστήριξη ειδικού υλικού για μετάφραση διευθύνσεων
    - λογικές / εικονικές διευθύνσεις → φυσικές διευθύνσεις

Απόλυτος κώδικας



- Ακριβής, απόλυτος προσδιορισμός θέσεων μνήμης για τα σύμβολα (func, func2, val)
- Ο παραγόμενος κώδικας ξέρει πού βρίσκεται και πού είναι τα δεδομένα του

Μετατοπίσιμος κώδικας (1)

Πηγαίος Κώδικας

```
int val;

int func(void) {
        val = 5;
        func2();
}

int func2(void) {
        …
}
```

Μεταγλωττιστής

- Ο παραγόμενος κώδικας *δεν* ξέρει πού βρίσκεται
- πίνακας μετατόπισης (relocation table)

Μετατοπίσιμος κώδικας (1)

Πηγαίος Κώδικας

```
int val;

int func(void) {
        val = 5;
        func2();
}

int func2(void) {
        …
}
```

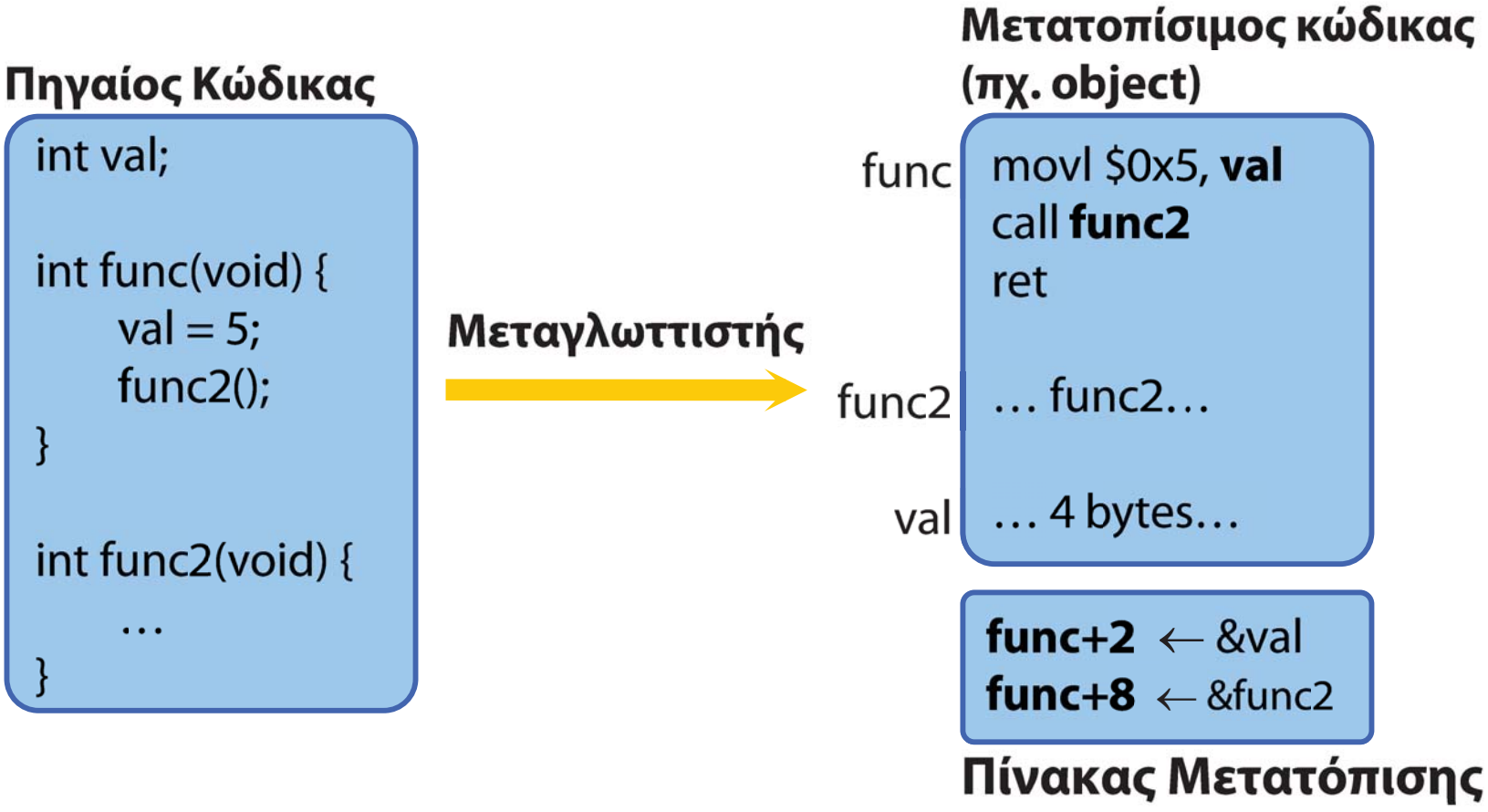
Μεταγλωττιστής

Μετατοπίσιμος κώδικας (πχ. object)

func	movl $0x5, **val** call **func2** ret
func2	… func2…
val	… 4 bytes…

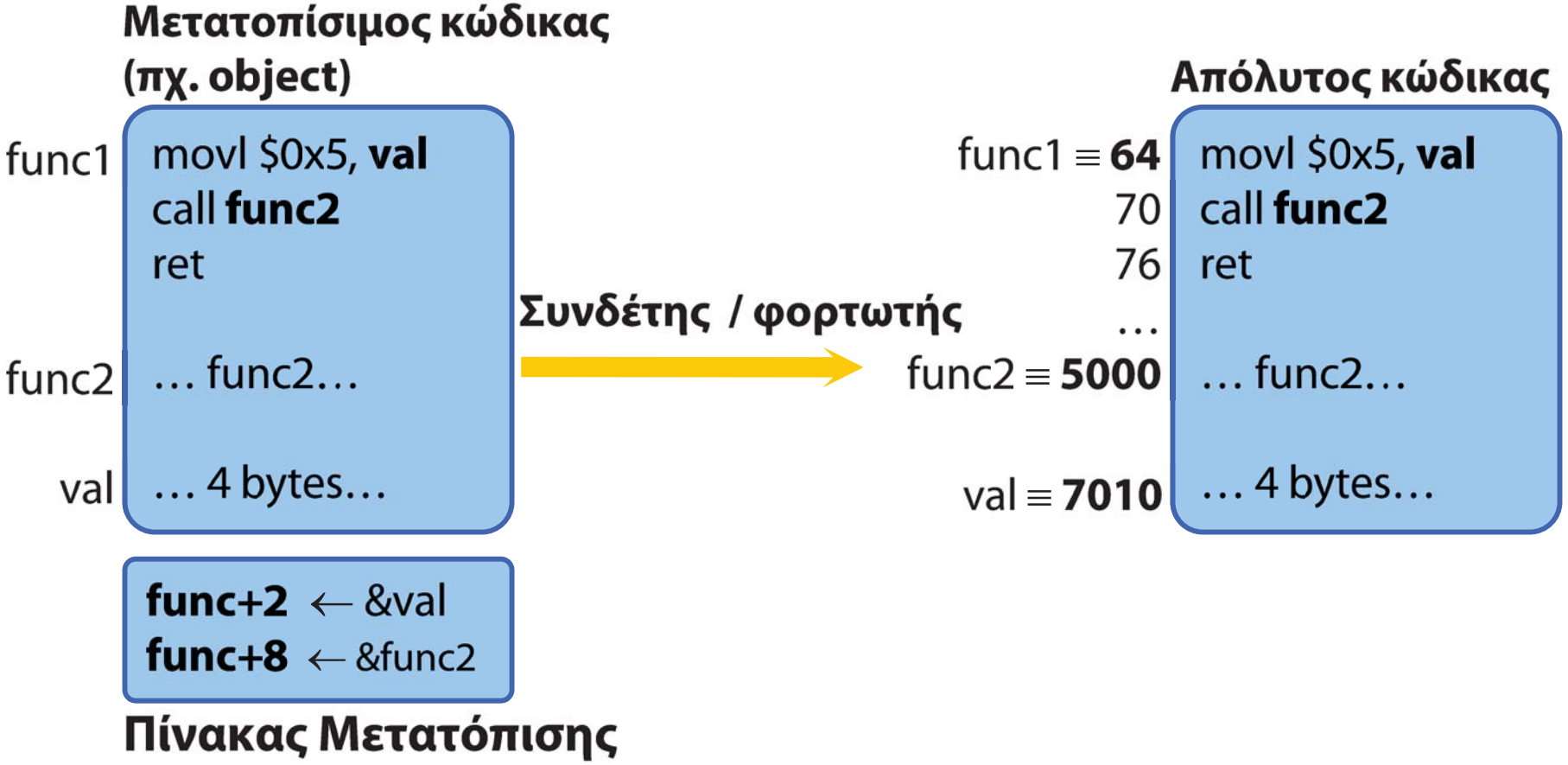
- Ο παραγόμενος κώδικας *δεν* ξέρει πού βρίσκεται
- πίνακας μετατόπισης (relocation table)

Μετατοπίσιμος κώδικας (1)



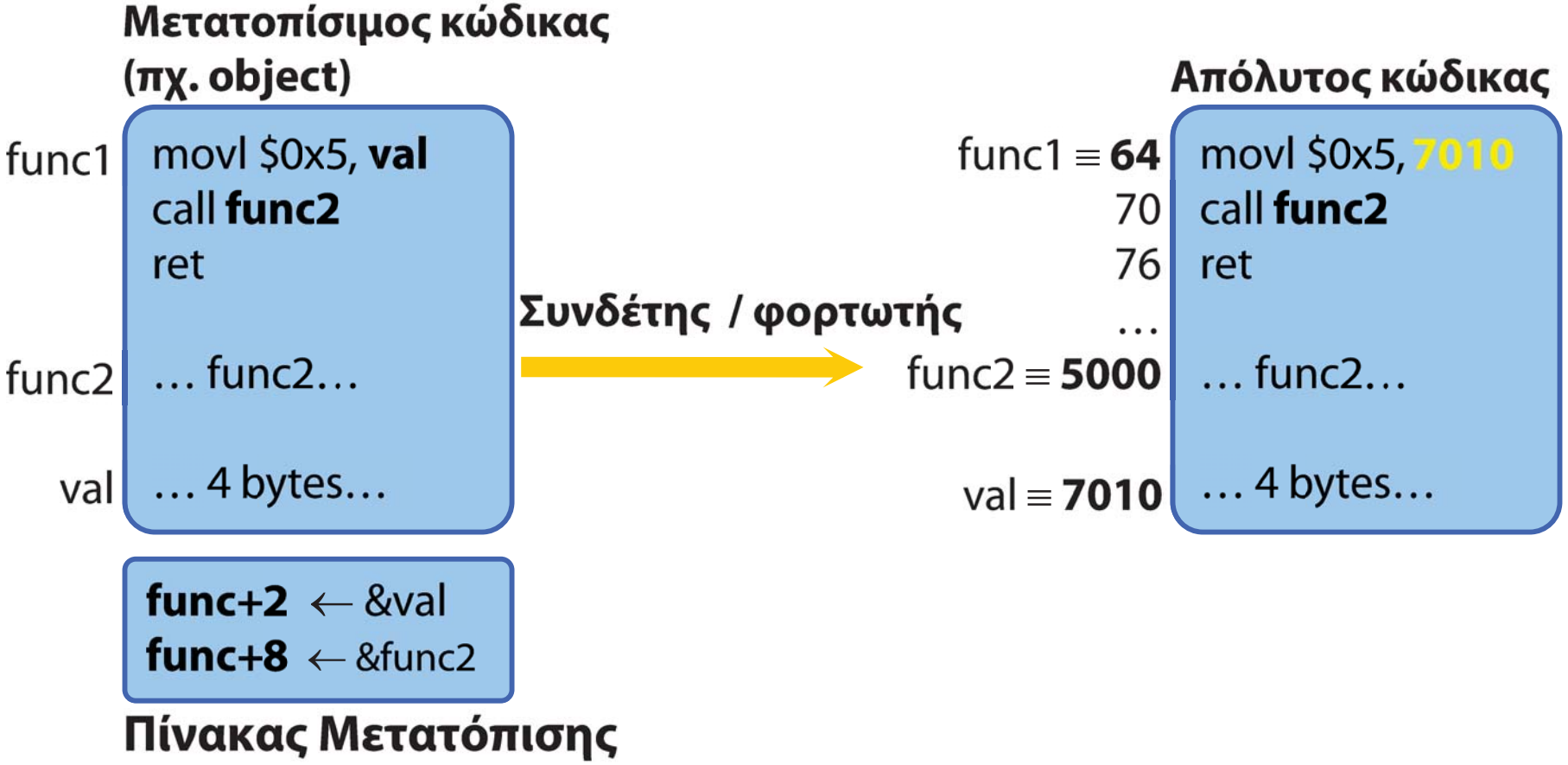
- Ο παραγόμενος κώδικας *δεν* ξέρει πού βρίσκεται
- πίνακας μετατόπισης (relocation table)

Μετατοπίσιμος κώδικας (2)



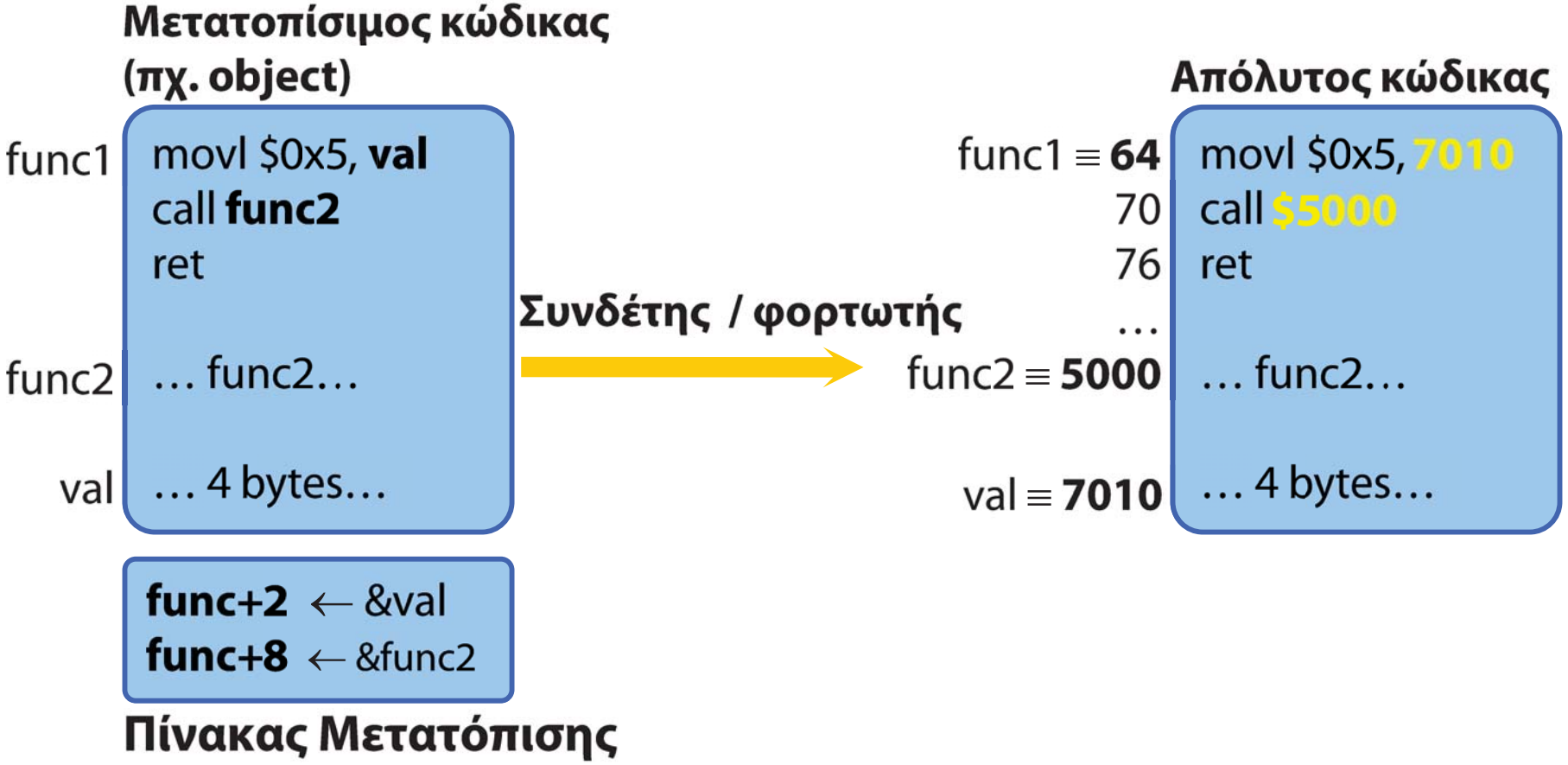
- Ο κώδικας *διορθώνεται* με βάση τον πίνακα μετατόπισης
- Στο χρόνο μεταγλώττισης (συνδέτης) ή εκτέλεσης (φορτωτής)

Μετατοπίσιμος κώδικας (2)



- Ο κώδικας *διορθώνεται* με βάση τον πίνακα μετατόπισης
- Στο χρόνο μεταγλώττισης (συνδέτης) ή εκτέλεσης (φορτωτής)

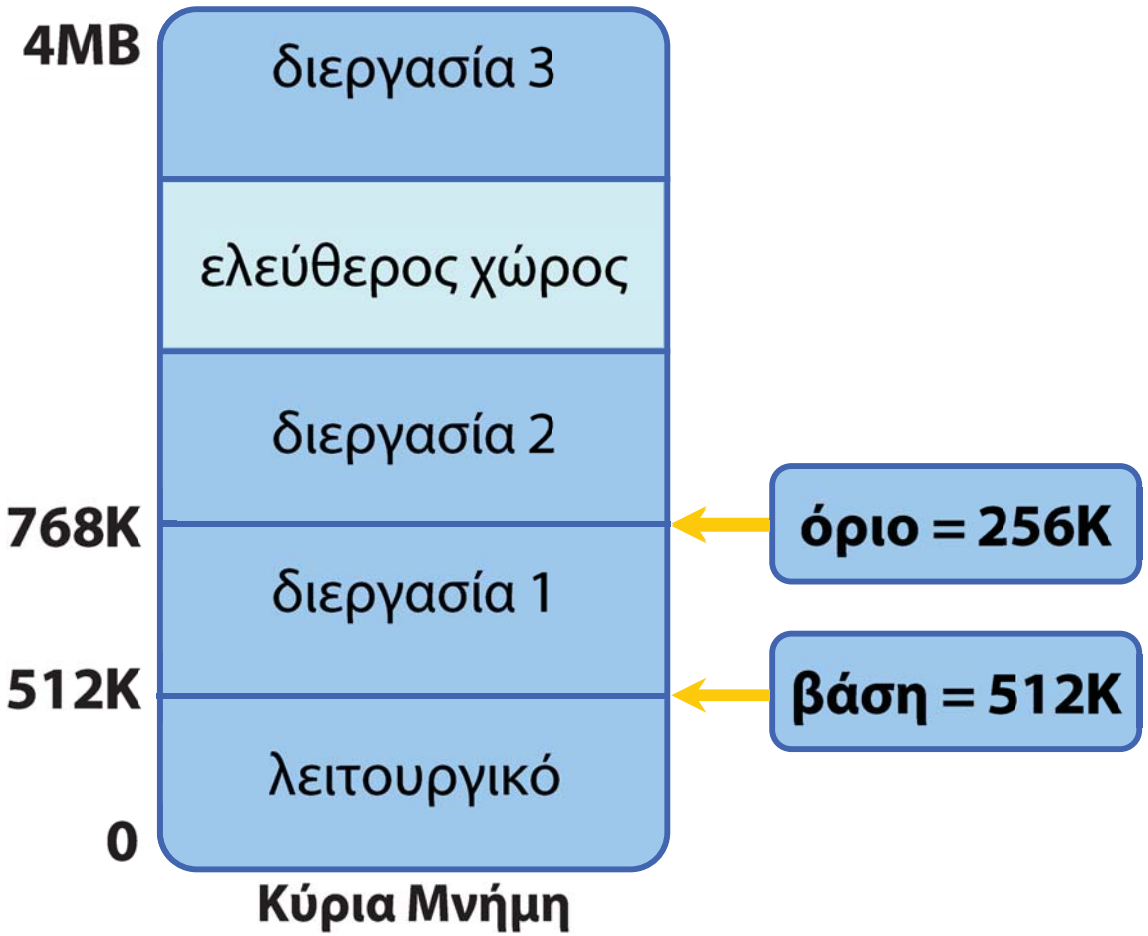
Μετατοπίσιμος κώδικας (2)



- Ο κώδικας *διορθώνεται* με βάση τον πίνακα μετατόπισης
- Στο χρόνο μεταγλώττισης (συνδέτης) ή εκτέλεσης (φορτωτής)

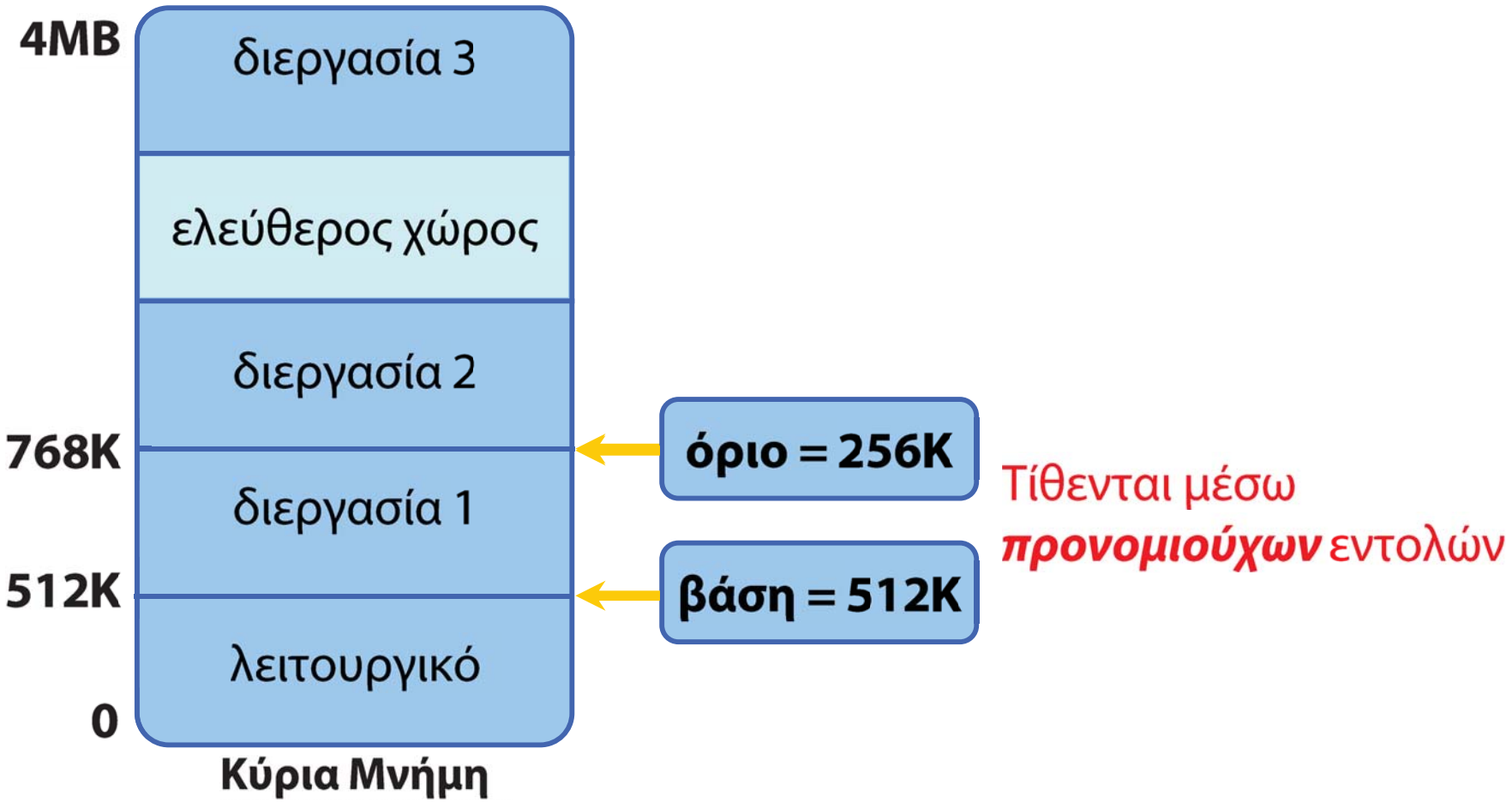
Μετάφραση στο χρόνο εκτέλεσης (1)

- Χωριστές περιοχές μνήμης ανά διεργασία
  - Καταχωρητής βάσης, καταχωρητής ορίου
  - Δυνατότητα πολυπρογραμματισμού με προστασία μνήμης



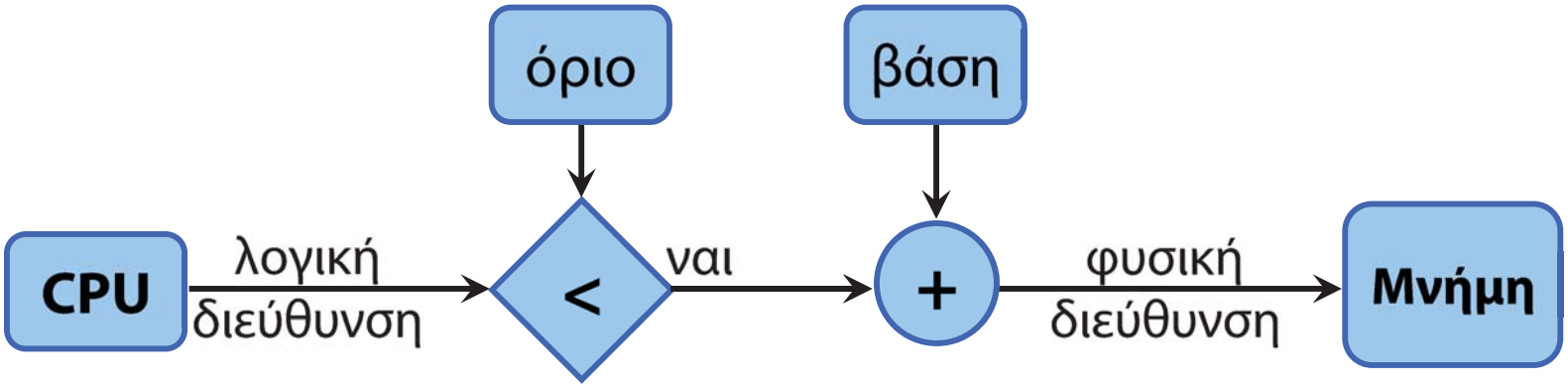
Μετάφραση στο χρόνο εκτέλεσης (1)

- Χωριστές περιοχές μνήμης ανά διεργασία
  - Καταχωρητής βάσης, καταχωρητής ορίου
  - Δυνατότητα πολυπρογραμματισμού με προστασία μνήμης



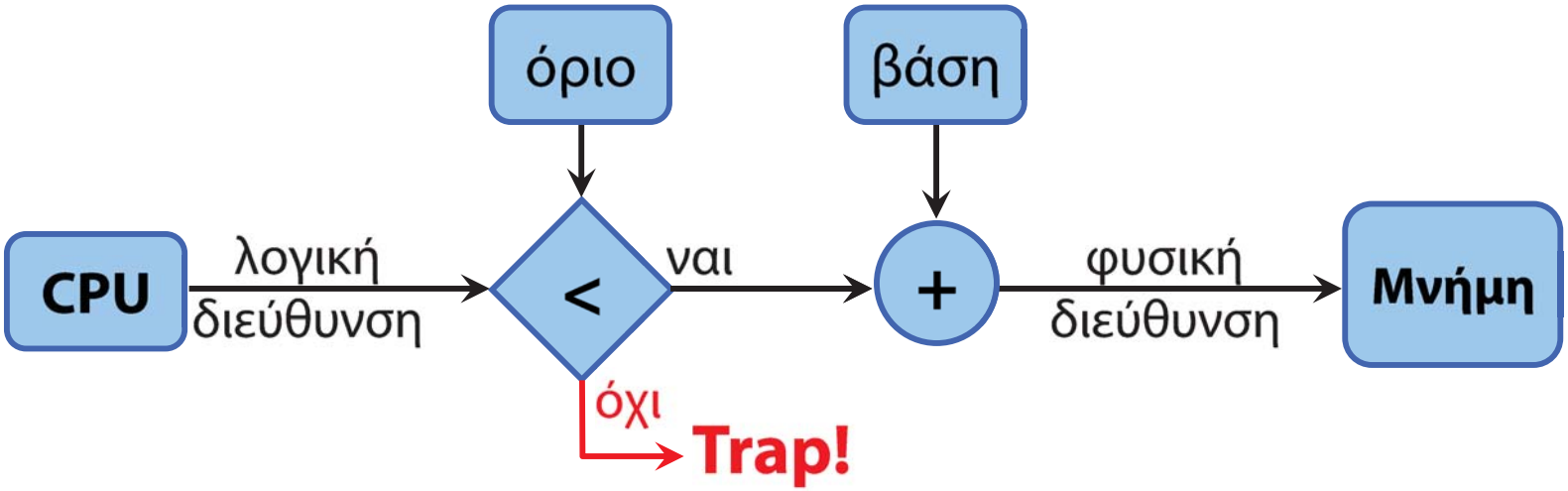
Μετάφραση στο χρόνο εκτέλεσης (2)

- *Λογικές / εικονικές διευθύνσεις:* διευθύνσεις που βλέπει ο κώδικας που εκτελείται
- *Φυσικές διευθύνσεις:* διευθύνσεις που βλέπει η κύρια μνήμη πάνω στο διάδρομο
- Ειδικό υλικό για τη μετάφραση
  - Μονάδα διαχείρισης μνήμης – MMU
- Για την απλή περίπτωση «βάση – όριο»

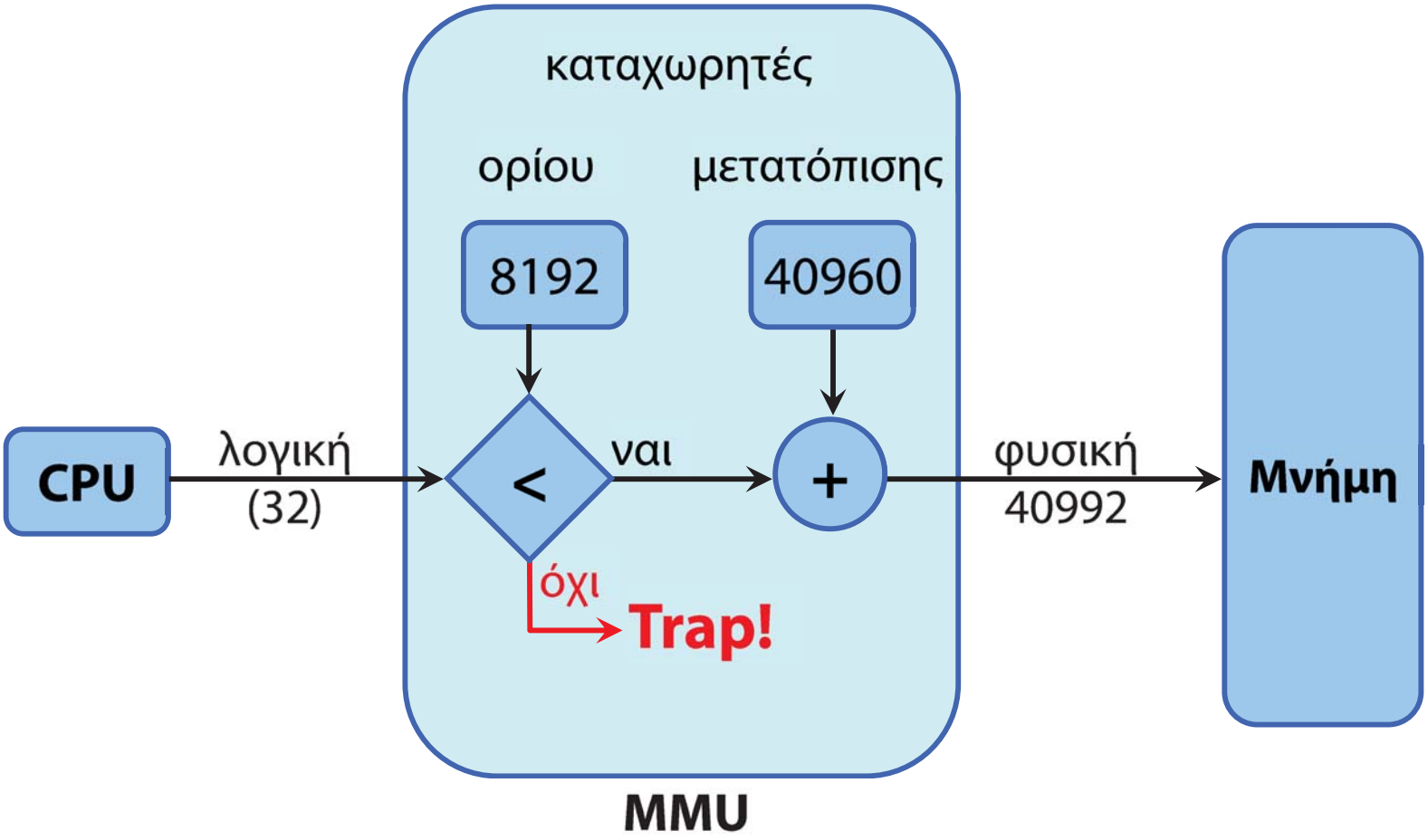


Μετάφραση στο χρόνο εκτέλεσης (2)

- *Λογικές / εικονικές διευθύνσεις:* διευθύνσεις που βλέπει ο κώδικας που εκτελείται
- *Φυσικές διευθύνσεις:* διευθύνσεις που βλέπει η κύρια μνήμη πάνω στο διάδρομο
- Ειδικό υλικό για τη μετάφραση
  - ➡ Μονάδα διαχείρισης μνήμης – MMU
- Για την απλή περίπτωση «βάση – όριο»



Μετάφραση στο χρόνο εκτέλεσης (3)



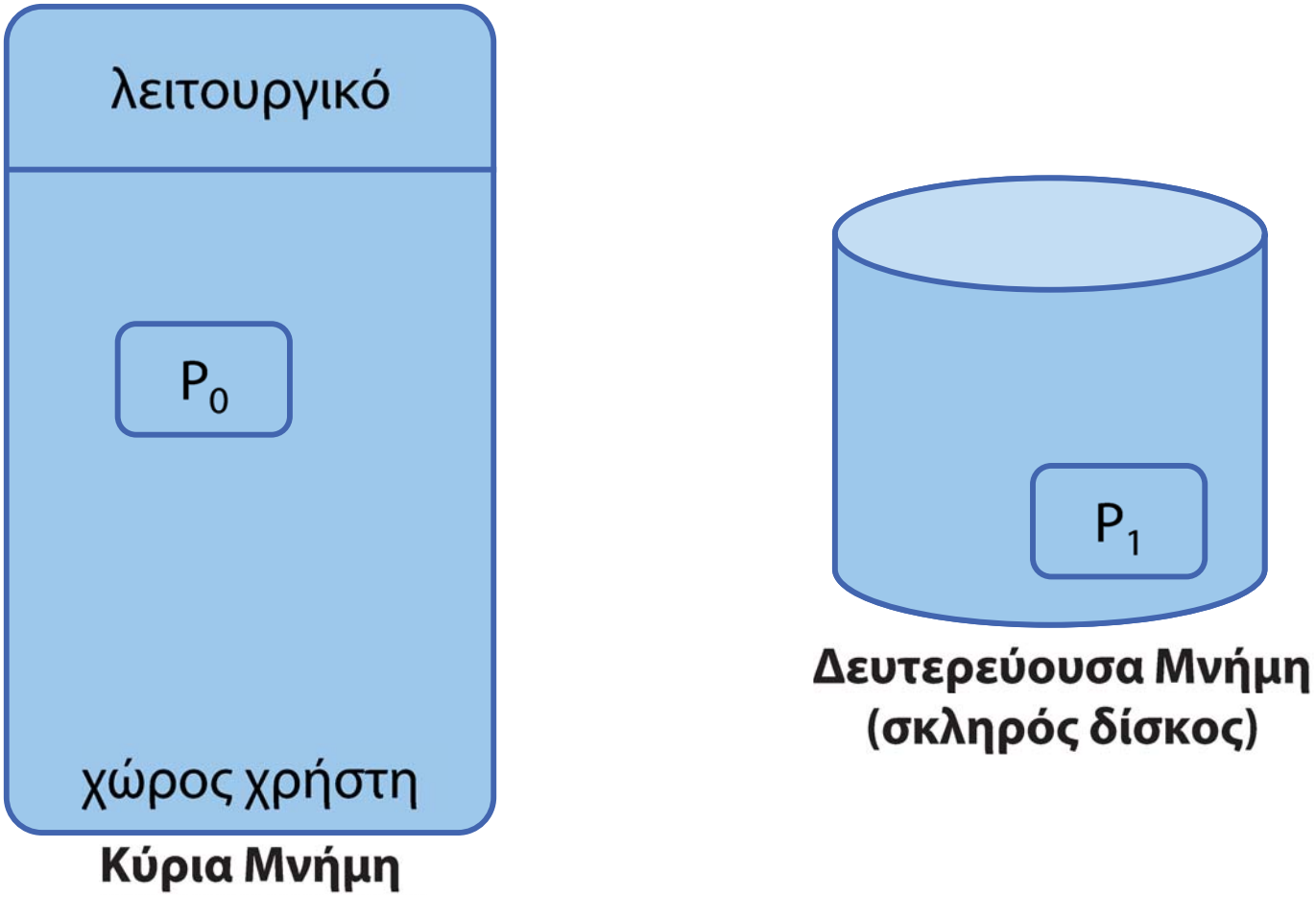
Διαχείριση Κύριας Μνήμης - Σύνοψη

- Ιεραρχία μνήμης
- Μεταγλώττιση – φόρτωση – εκτέλεση κώδικα
- Καθορισμός διευθύνσεων
- Εναλλαγή διεργασιών
- Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης
  - Στρατηγικές κατανομής, κατακερματισμός
- Σελιδοποίηση
  - Μετάφραση διευθύνσεων, πίνακες σελίδων, TLBs
  - Οργάνωση πινάκων σελίδων
- Κατάτμηση

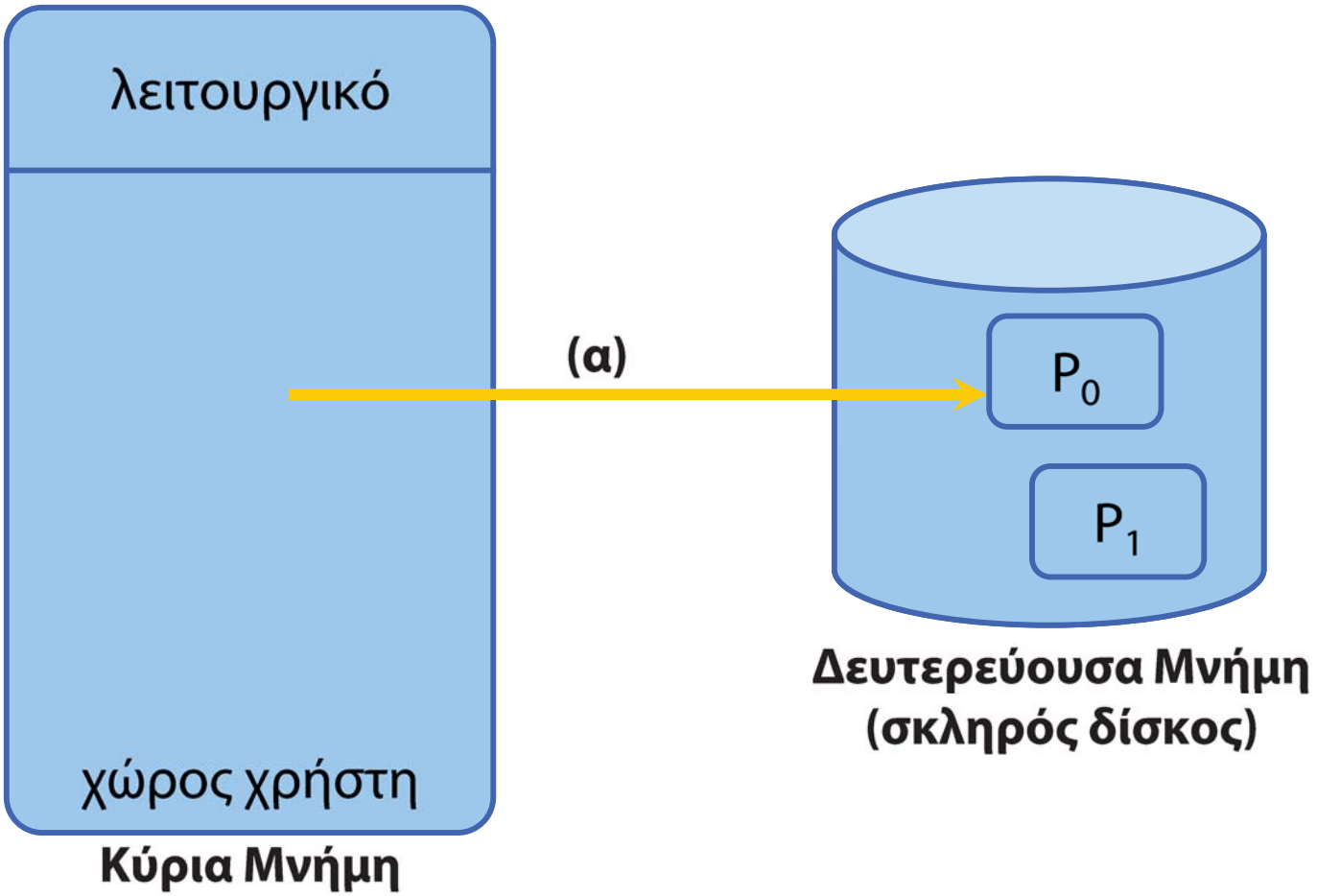
Εναλλαγή (swapping) (1)

- Οι συνολικές απαιτήσεις μνήμης των διεργασιών, μπορεί να ξεπερνούν το μέγεθος της κύριας μνήμης
- *Εναλλαγή:* διεργασίες φεύγουν από τη μνήμη και πάνε στο δίσκο
- Το ΛΣ τις επαναφέρει όταν μπορούν να συνεχίσουν
- *Roll out, roll in:* αν έρθει διεργασία με υψηλότερη προτεραιότητα, στείλε μία χαμηλότερης προτεραιότητας στο δίσκο
- Ο δίσκος είναι *πολύ* πιο αργός από την ΚΜ
  - Κόστος ανάλογο του μεγέθους της μνήμης της διεργασίας
- Όταν μια διεργασία επανέλθει, *πού* πηγαίνει;
  - Δέσμευση διευθύνσεων στο χρόνο εκτέλεσης

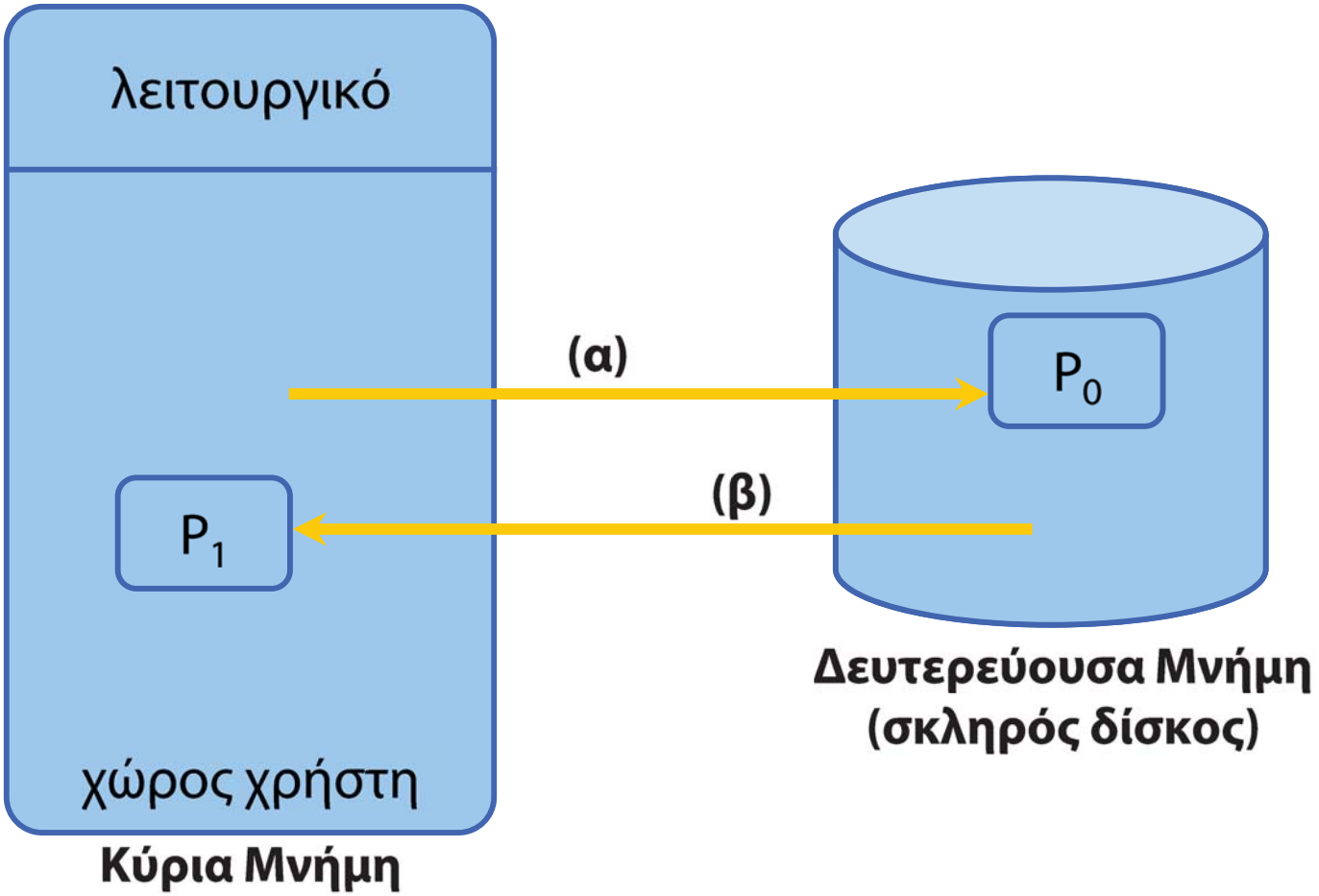
Εναλλαγή (swapping) (2)



Εναλλαγή (swapping) (2)



Εναλλαγή (swapping) (2)



Διαχείριση Κύριας Μνήμης - Σύνοψη

- Ιεραρχία μνήμης
- Μεταγλώττιση – φόρτωση – εκτέλεση κώδικα
- Καθορισμός διευθύνσεων
- Εναλλαγή διεργασιών
- Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης
  - Στρατηγικές κατανομής, κατακερματισμός
- Σελιδοποίηση
  - Μετάφραση διευθύνσεων, πίνακες σελίδων, TLBs
  - Οργάνωση πινάκων σελίδων
- Κατάτμηση

Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης (1)

- Υποθέσεις
  - Το ΛΣ παραμένει μονίμως φορτωμένο σε ένα εύρος διευθύνσεων (συνήθως χαμηλές)
  - Κάθε νέα διεργασία έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις σε μνήμη
- Το ΛΣ φορτώνει τη διεργασία σε συνεχές (contiguous) τμήμα μνήμης για να εκτελεστεί
- Απλή μέθοδος
  - προστασία μνήμης με βάση + όριο
- Διαμερίσεις για κάθε διεργασία
  - Σταθερού ή μεταβλητού μεγέθους;

Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης (2)

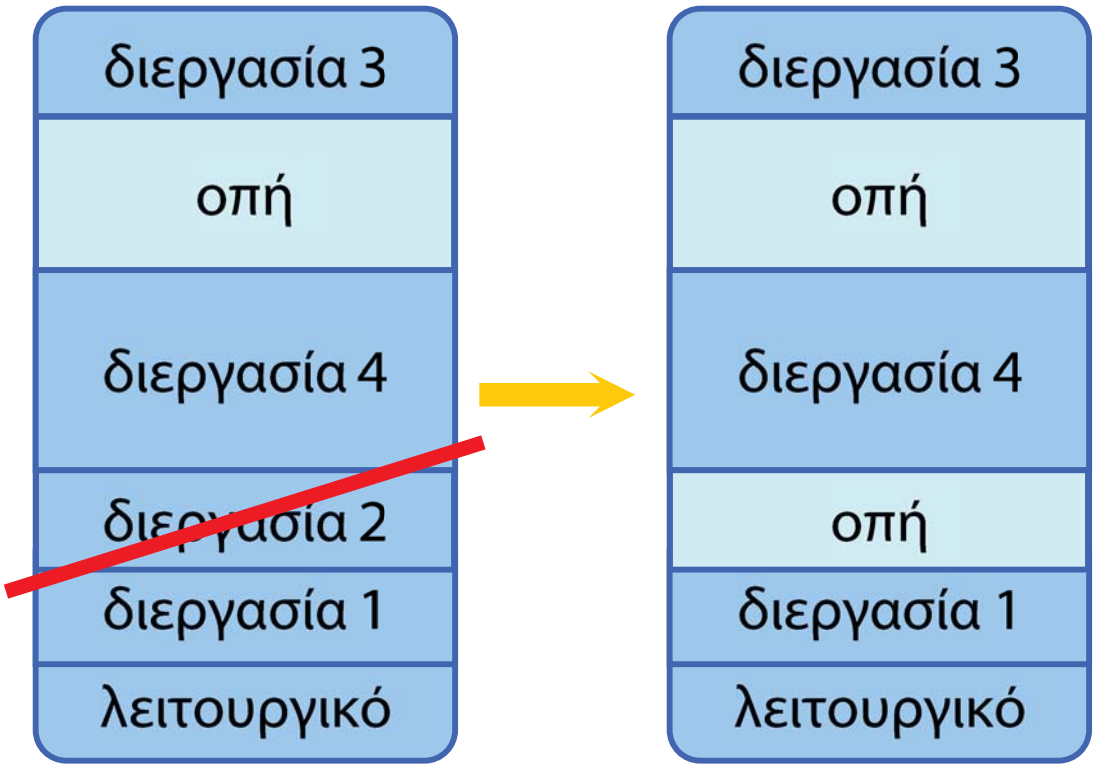
Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης (2)

- Στατικές διαμερίσεις
  - διαμέριση 1: αρχή = 256KB, μέγεθος = 256KB
  - διαμέριση 2: αρχή = 512KB, μέγεθος = 1024KB
  - διαμέριση 3: αρχή = 1536KB, μέγεθος = 2048KB
- Οι διεργασίες περιμένουν μέχρι κατάλληλη διαμέριση να γίνει διαθέσιμη
- Άκαμπτο σχήμα ανάθεσης μνήμης
  - Πλέον δεν χρησιμοποιείται σχεδόν ποτέ

Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης (3)

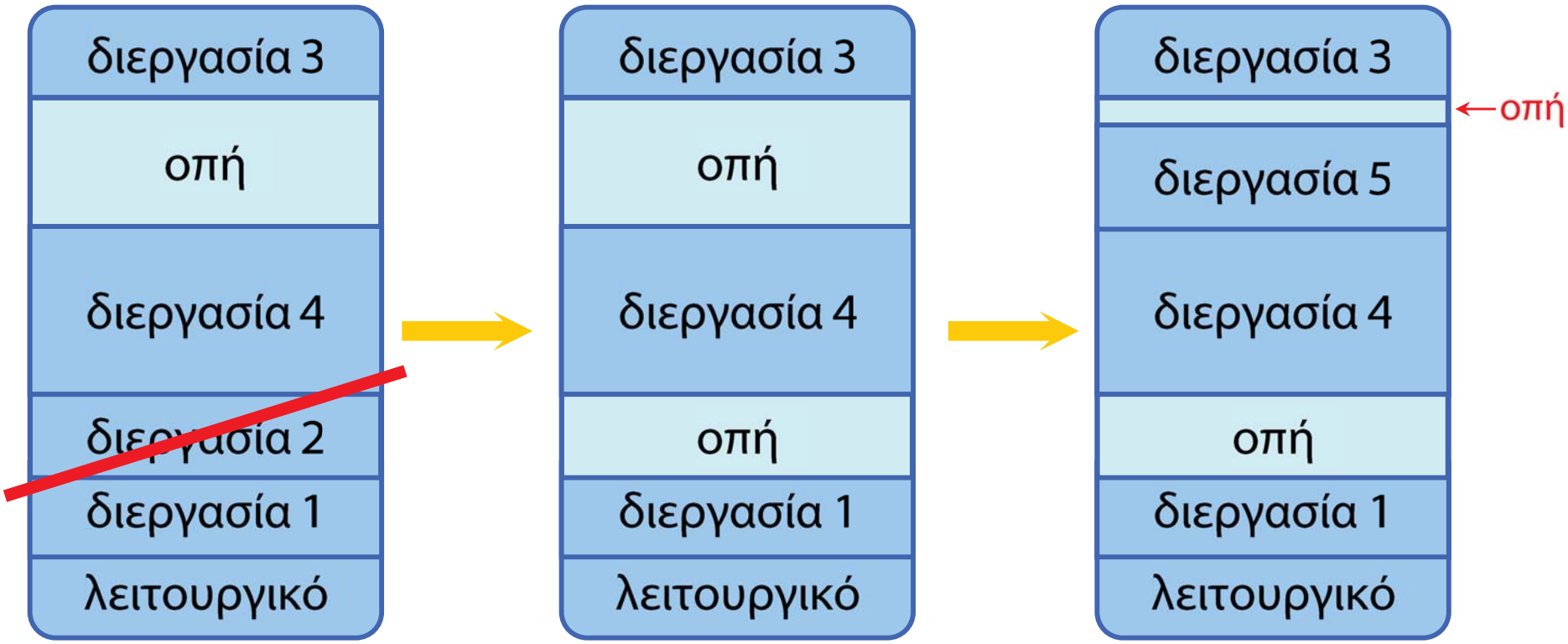
- Δυναμική ανάθεση μνήμης
  - διαμερίσεις μεταβλητού μεγέθους
  - το ΛΣ τηρεί στοιχεία για τις δεσμευμένες και ελεύθερες περιοχές της μνήμης
  - δεσμευμένες περιοχές και *οπές* ανάμεσά τους

Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης (3)



- Δυναμική ανάθεση μνήμης
  - διαμερίσεις μεταβλητού μεγέθους
  - το ΛΣ τηρεί στοιχεία για τις δεσμευμένες και ελεύθερες περιοχές της μνήμης
  - δεσμευμένες περιοχές και *οπές* ανάμεσά τους

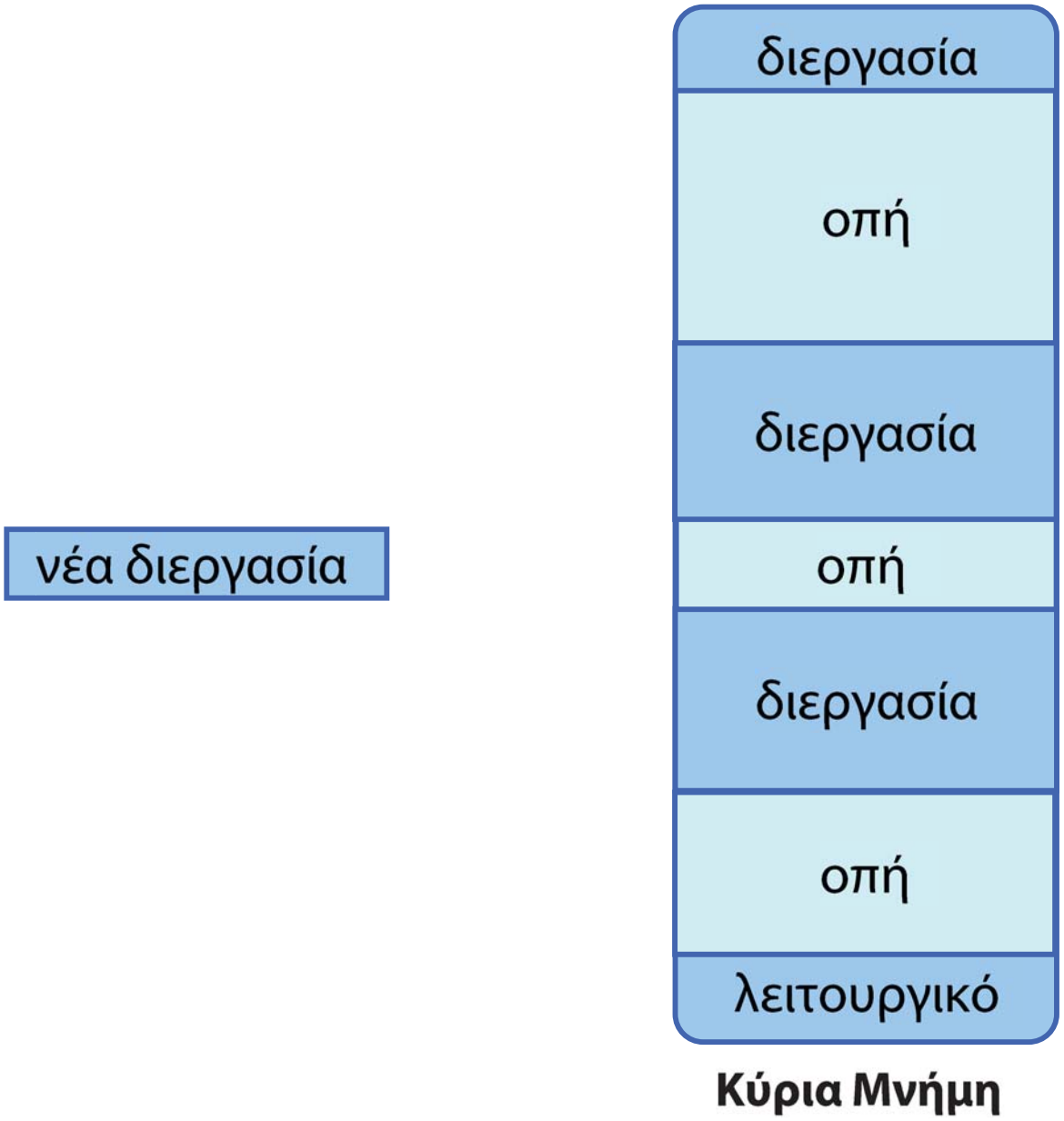
Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης (3)



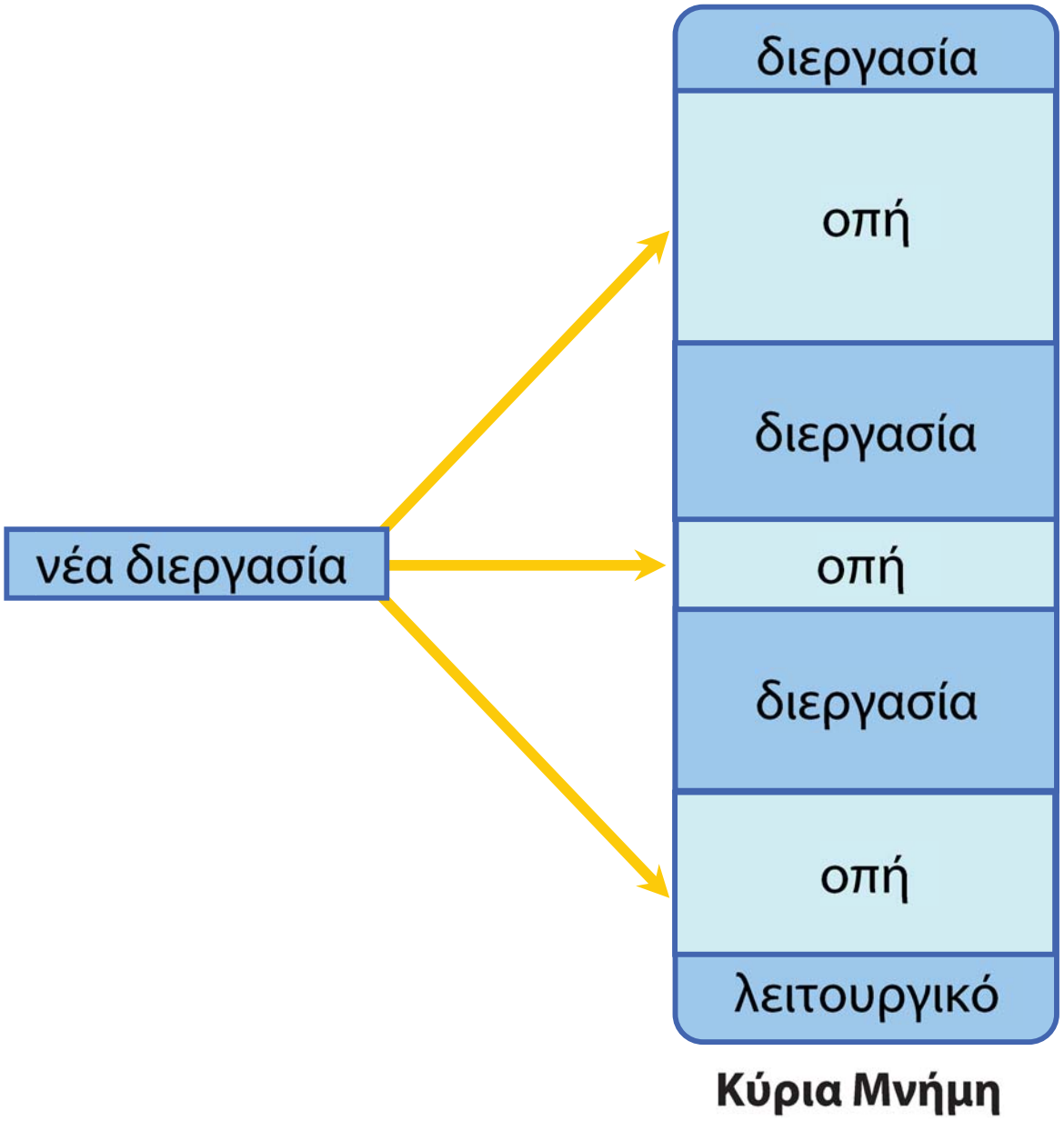
- Δυναμική ανάθεση μνήμης
  - διαμερίσεις μεταβλητού μεγέθους
  - το ΛΣ τηρεί στοιχεία για τις δεσμευμένες και ελεύθερες περιοχές της μνήμης
  - δεσμευμένες περιοχές και *οπές* ανάμεσά τους

Πρόβλημα δυναμικής εκχώρησης (1)

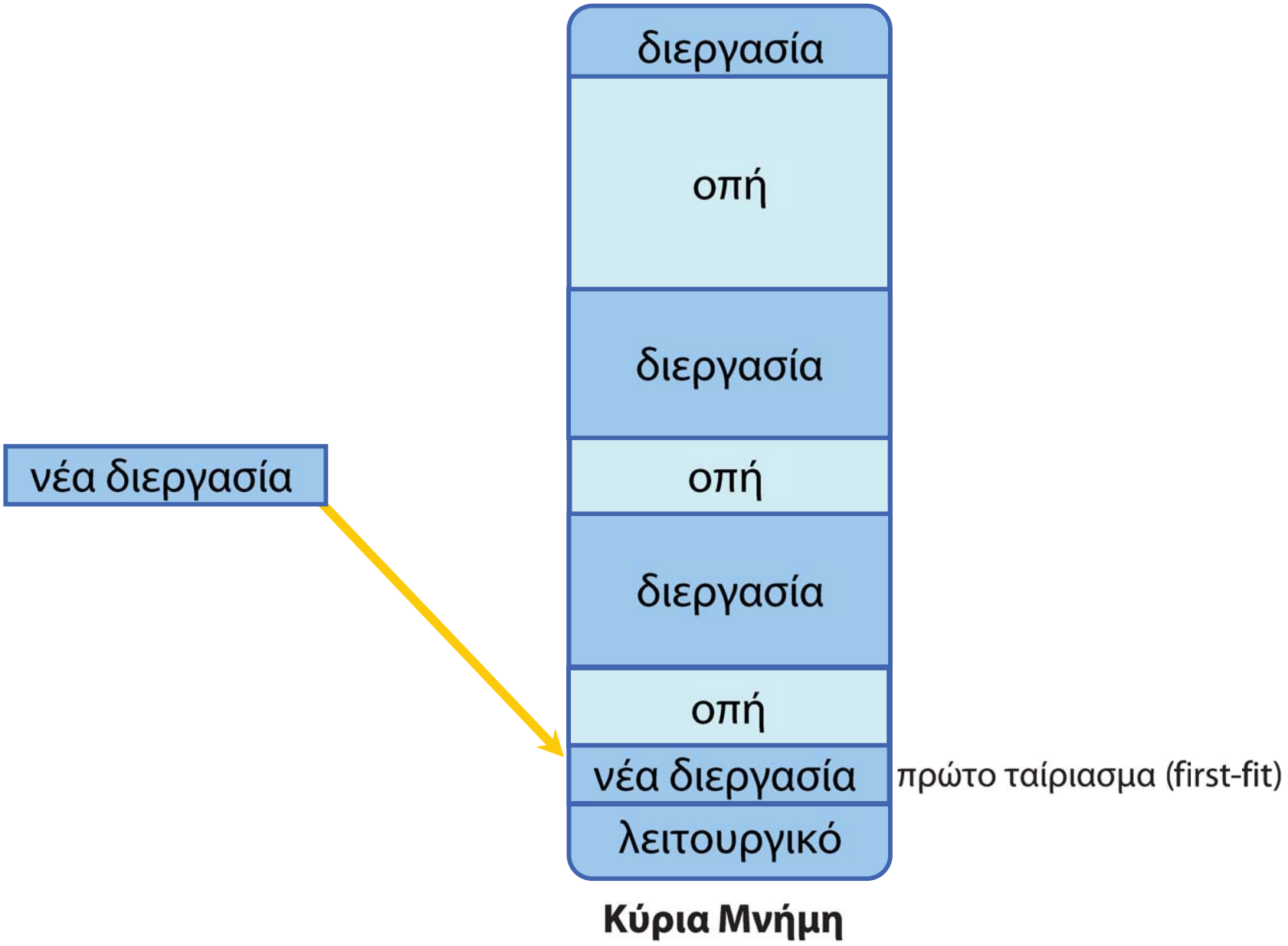
Πρόβλημα δυναμικής εκχώρησης (1)



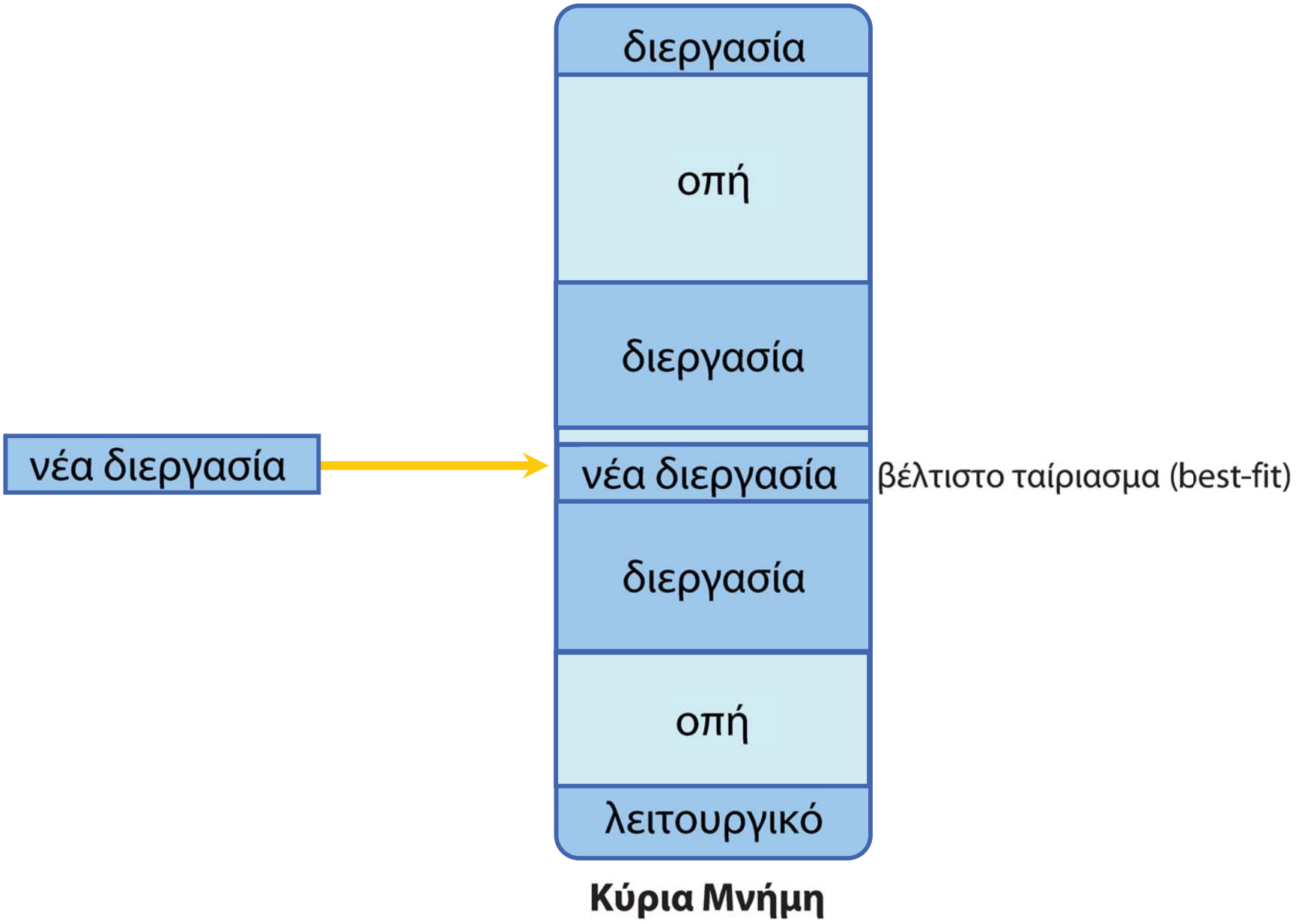
Πρόβλημα δυναμικής εκχώρησης (1)



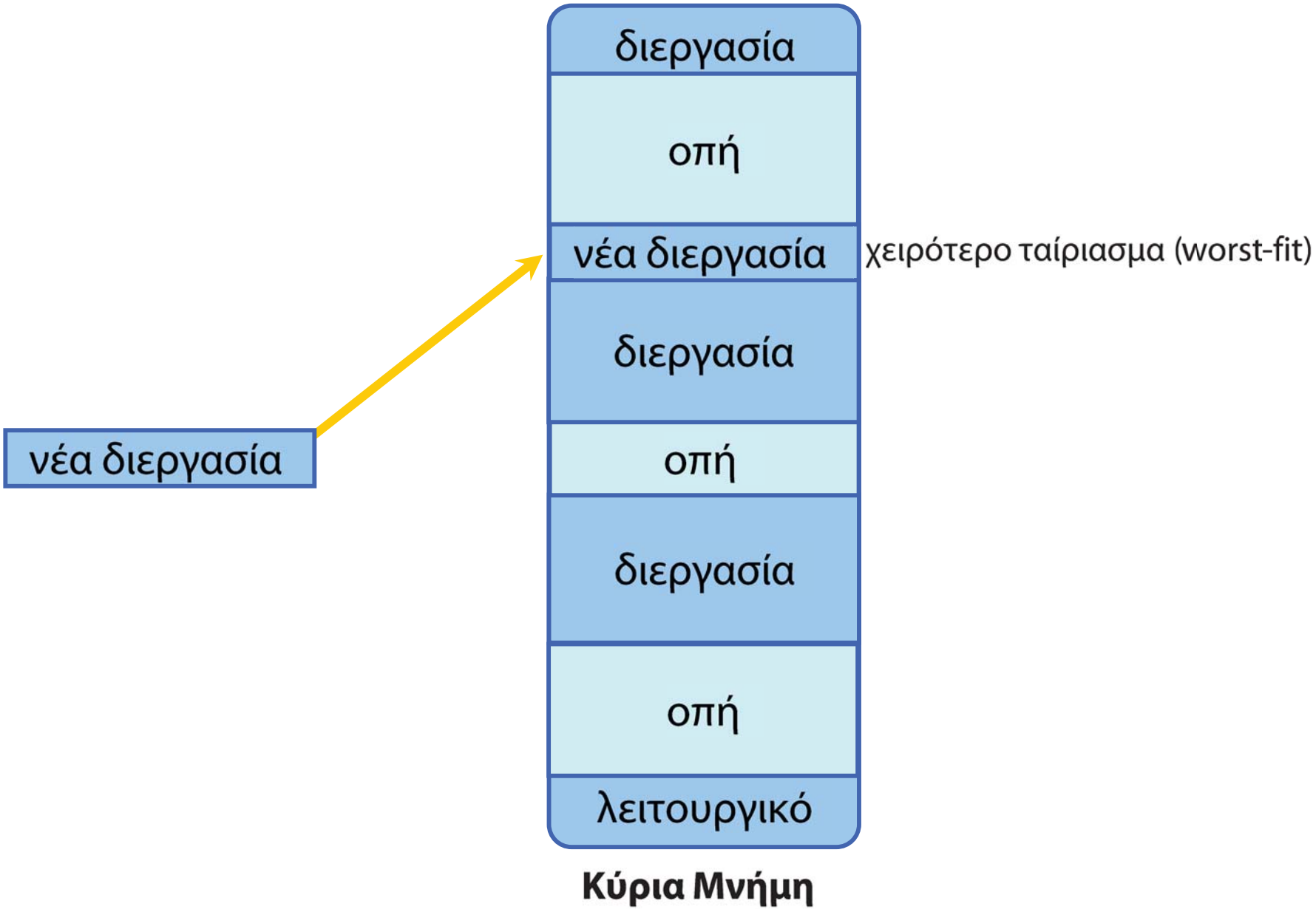
Πρόβλημα δυναμικής εκχώρησης (2)



Πρόβλημα δυναμικής εκχώρησης (1)



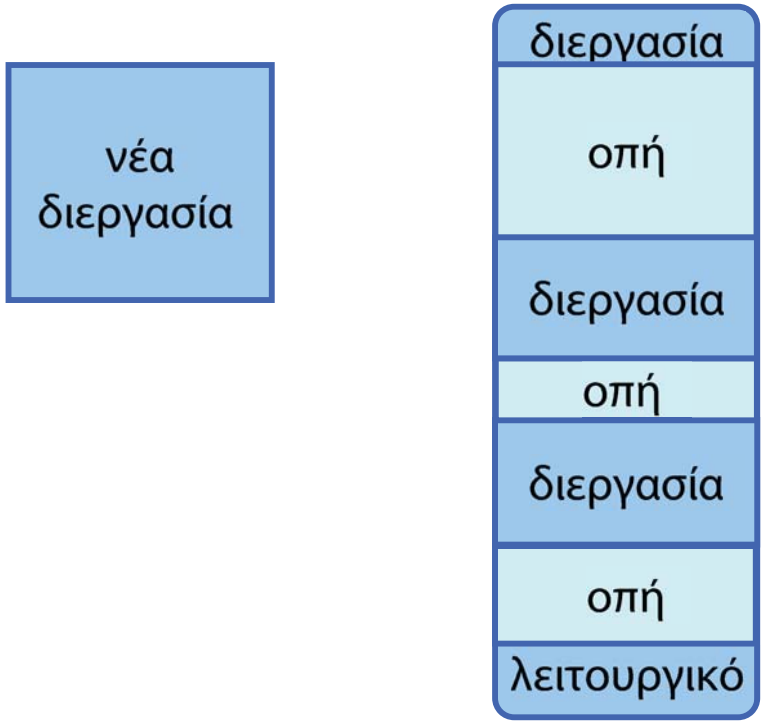
Πρόβλημα δυναμικής εκχώρησης (1)



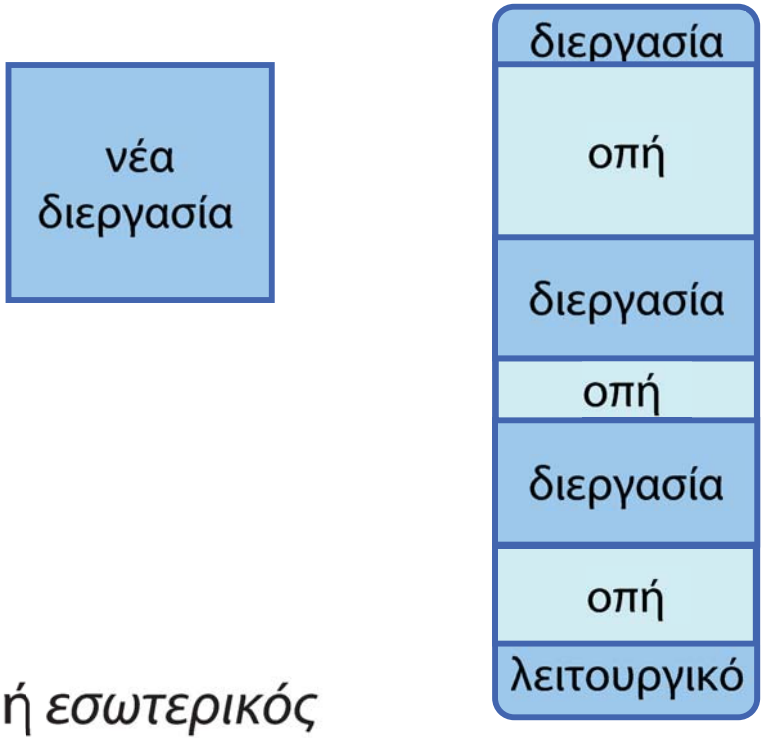
Ποια στρατηγική είναι η καλύτερη;

- Πρώτο ταίριασμα
  - στο πρώτο που θα βρει, είτε από την αρχή είτε από εκεί που είχε σταματήσει
  - γρήγορο
- Βέλτιστο ταίριασμα
  - δεσμεύει τη μικρότερη οπή που είναι αρκετά μεγάλη
  - τις ελέγχει όλες, εκτός αν η λίστα είναι ταξινομημένη
- Χειρότερη τοποθέτηση
  - απομένουν οι μεγαλύτερες δυνατές οπές
- Οι προσομοιώσεις ευνοούν first-fit, best-fit

Κατακερματισμός - fragmentation

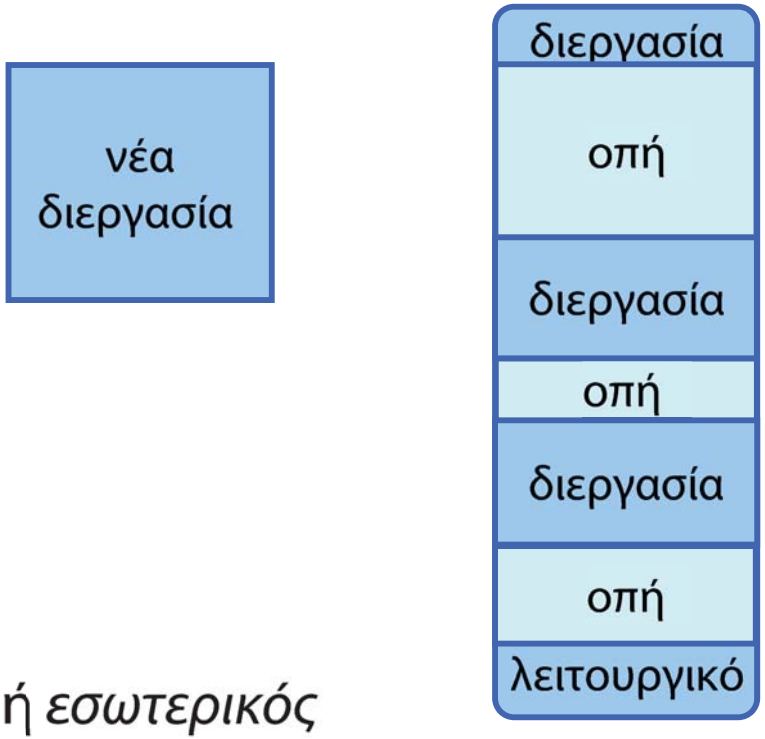


Κατακερματισμός - fragmentation



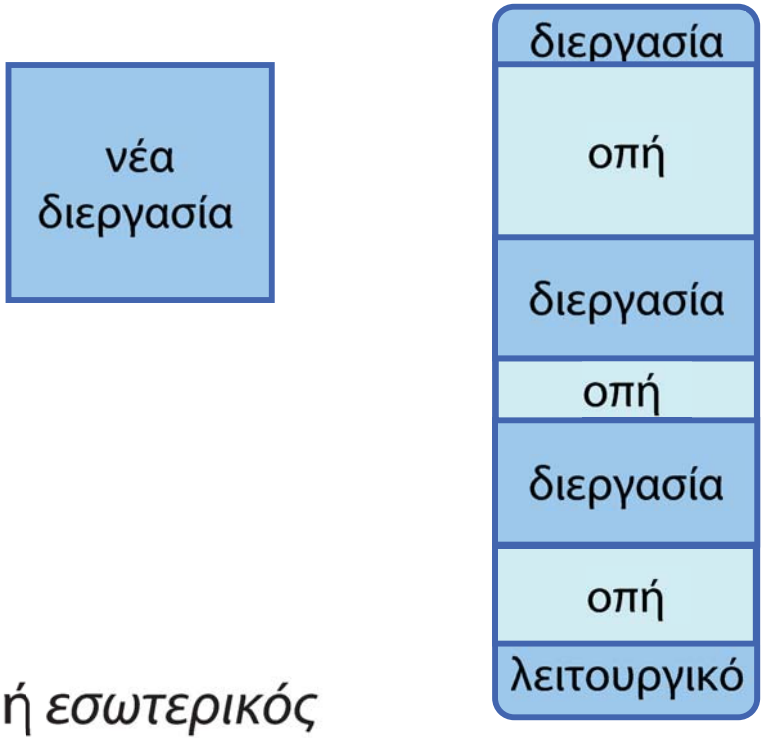
- *Εξωτερικός* ή *εσωτερικός*
- Εξωτερικός: ο συνολικός χώρος υπάρχει, αλλά η διεργασία δεν χωράει
  - πολλές μικρές οπές
  - κανόνας του 50%: με first-fit, για N τμήματα, 0.5N χαμένη μνήμη
- Εσωτερικός: η διεργασία δεσμεύει περισσότερα απ' όσα χρειάζεται
  - η ανάθεση γίνεται σε τμήματα σταθερού μεγέθους
  - αχρησιμοποίητη μνήμη *μέσα* σε διαμερίσεις

Κατακερματισμός - fragmentation



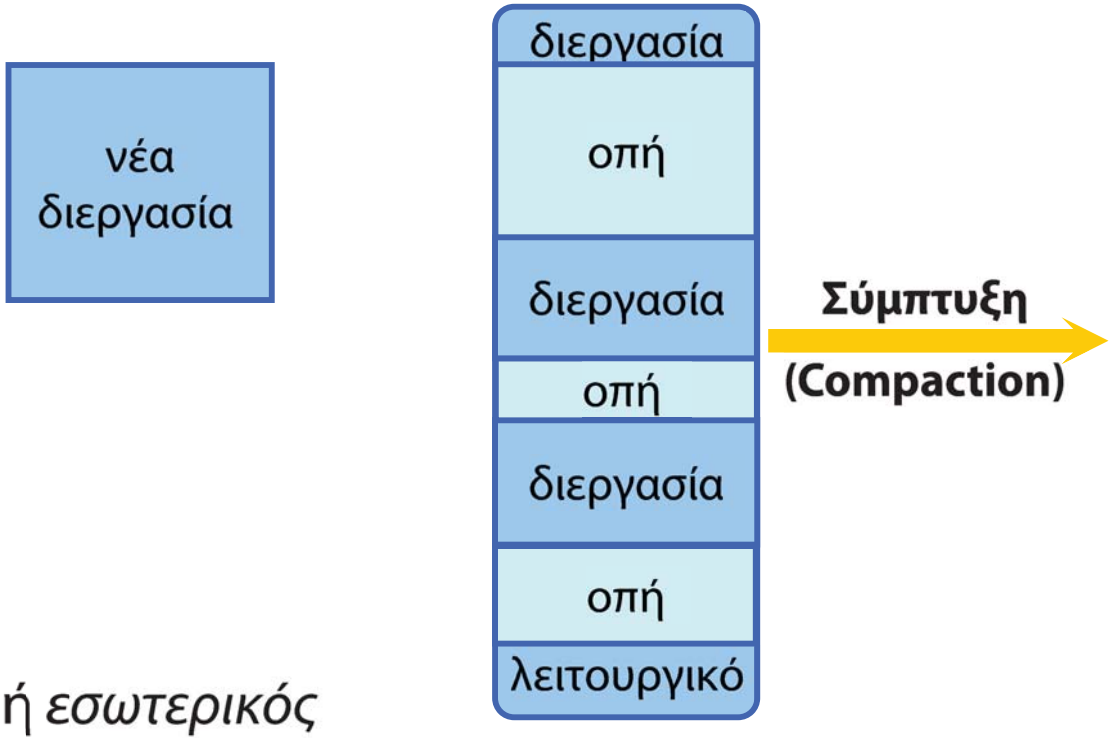
- *Εξωτερικός* ή *εσωτερικός*
- Εξωτερικός: ο συνολικός χώρος υπάρχει, αλλά η διεργασία δεν χωράει
  - πολλές μικρές οπές
  - κανόνας του 50%: με first-fit, για N τμήματα, 0.5N χαμένη μνήμη
- Εσωτερικός: η διεργασία δεσμεύει περισσότερα απ' όσα χρειάζεται
  - η ανάθεση γίνεται σε τμήματα σταθερού μεγέθους
  - αχρησιμοποίητη μνήμη *μέσα* σε διαμερίσεις

Κατακερματισμός - fragmentation



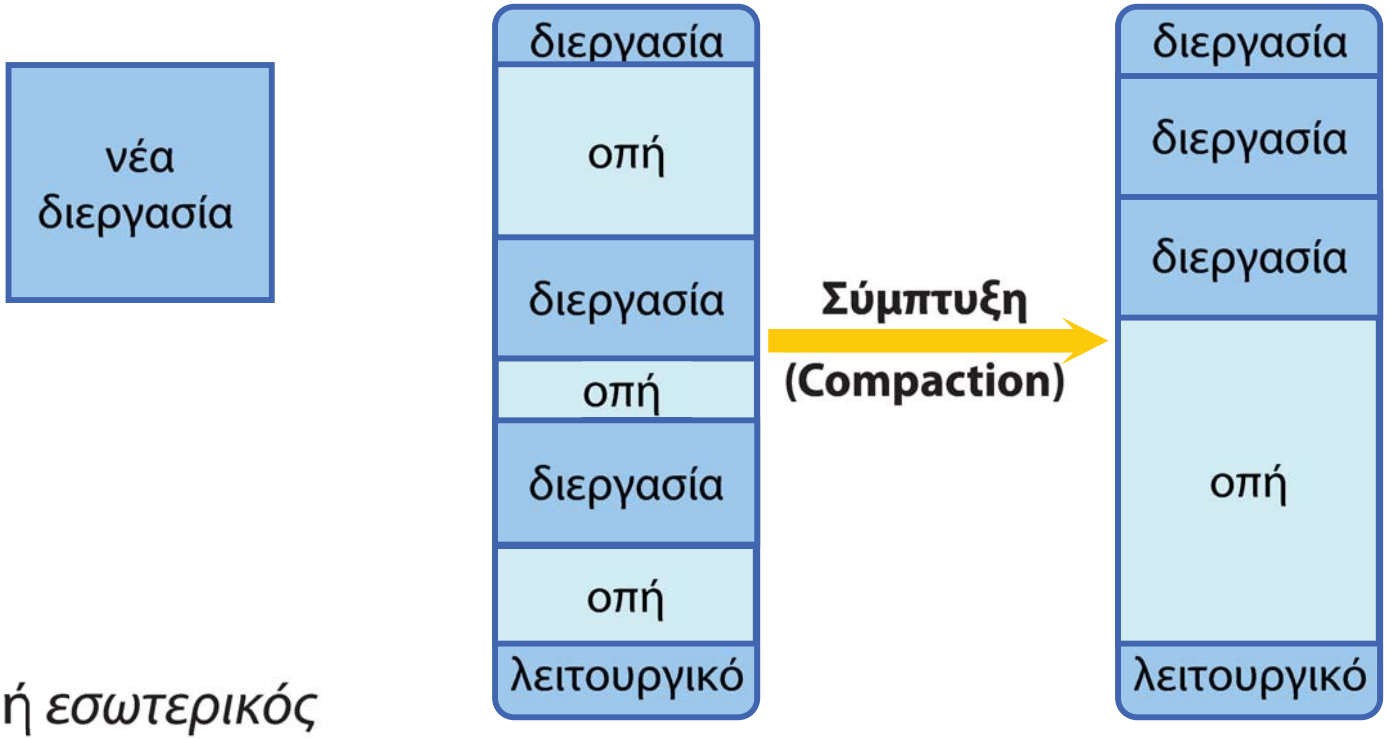
- *Εξωτερικός* ή *εσωτερικός*
- Εξωτερικός: ο συνολικός χώρος υπάρχει, αλλά η διεργασία δεν χωράει
  - πολλές μικρές οπές
  - κανόνας του 50%: με first-fit, για N τμήματα, 0.5N χαμένη μνήμη
- Εσωτερικός: η διεργασία δεσμεύει περισσότερα απ' όσα χρειάζεται
  - η ανάθεση γίνεται σε τμήματα σταθερού μεγέθους
  - αχρησιμοποίητη μνήμη *μέσα* σε διαμερίσεις

Κατακερματισμός - fragmentation



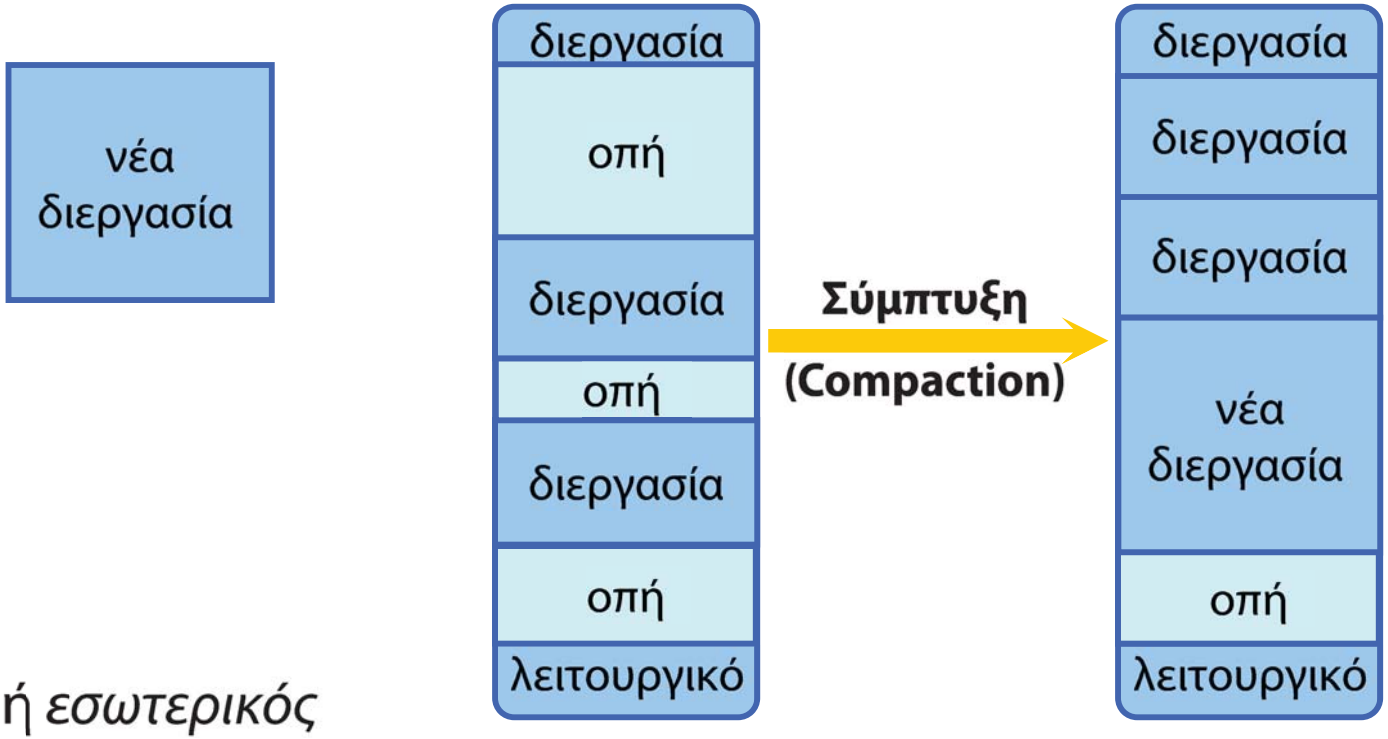
- *Εξωτερικός* ή *εσωτερικός*
- Εξωτερικός: ο συνολικός χώρος υπάρχει, αλλά η διεργασία δεν χωράει
  - πολλές μικρές οπές
  - κανόνας του 50%: με first-fit, για N τμήματα, 0.5N χαμένη μνήμη
- Εσωτερικός: η διεργασία δεσμεύει περισσότερα απ' όσα χρειάζεται
  - η ανάθεση γίνεται σε τμήματα σταθερού μεγέθους
  - αχρησιμοποίητη μνήμη *μέσα* σε διαμερίσεις

Κατακερματισμός - fragmentation



- *Εξωτερικός* ή *εσωτερικός*
- Εξωτερικός: ο συνολικός χώρος υπάρχει, αλλά η διεργασία δεν χωράει
  - πολλές μικρές οπές
  - κανόνας του 50%: με first-fit, για N τμήματα, 0.5N χαμένη μνήμη
- Εσωτερικός: η διεργασία δεσμεύει περισσότερα απ' όσα χρειάζεται
  - η ανάθεση γίνεται σε τμήματα σταθερού μεγέθους
  - αχρησιμοποίητη μνήμη *μέσα* σε διαμερίσεις

Κατακερματισμός - fragmentation



- *Εξωτερικός* ή *εσωτερικός*
- Εξωτερικός: ο συνολικός χώρος υπάρχει, αλλά η διεργασία δεν χωράει
  - πολλές μικρές οπές
  - κανόνας του 50%: με first-fit, για N τμήματα, 0.5N χαμένη μνήμη
- Εσωτερικός: η διεργασία δεσμεύει περισσότερα απ' όσα χρειάζεται
  - η ανάθεση γίνεται σε τμήματα σταθερού μεγέθους
  - αχρησιμοποίητη μνήμη *μέσα* σε διαμερίσεις

Σύμπτυξη

Σύμπτυξη

- Μετακίνηση διεργασιών στη μνήμη
  - δημιουργούνται λιγότερες, μεγαλύτερες οπές
- Είναι πάντα εφικτή;
  - με καθορισμό διευθύνσεων κατά τη φόρτωση, όχι
- Απαιτείται υποστήριξη από το υλικό
  - καθορισμός διευθύνσεων στο χρόνο εκτέλεσης
  - βάση + όριο
- Κόστος;
  - αντιγραφή περιοχών μνήμης
  - νέες τιμές σε καταχωρητές βάσης - ορίου

Σύμπτυξη

- Μετακίνηση διεργασιών στη μνήμη
  - δημιουργούνται λιγότερες, μεγαλύτερες οπές
- Είναι πάντα εφικτή;
  - με καθορισμό διευθύνσεων κατά τη φόρτωση, όχι
- Απαιτείται υποστήριξη από το υλικό
  - καθορισμός διευθύνσεων στο χρόνο εκτέλεσης
  - βάση + όριο
- Κόστος;
  - αντιγραφή περιοχών μνήμης
  - νέες τιμές σε καταχωρητές βάσης - ορίου

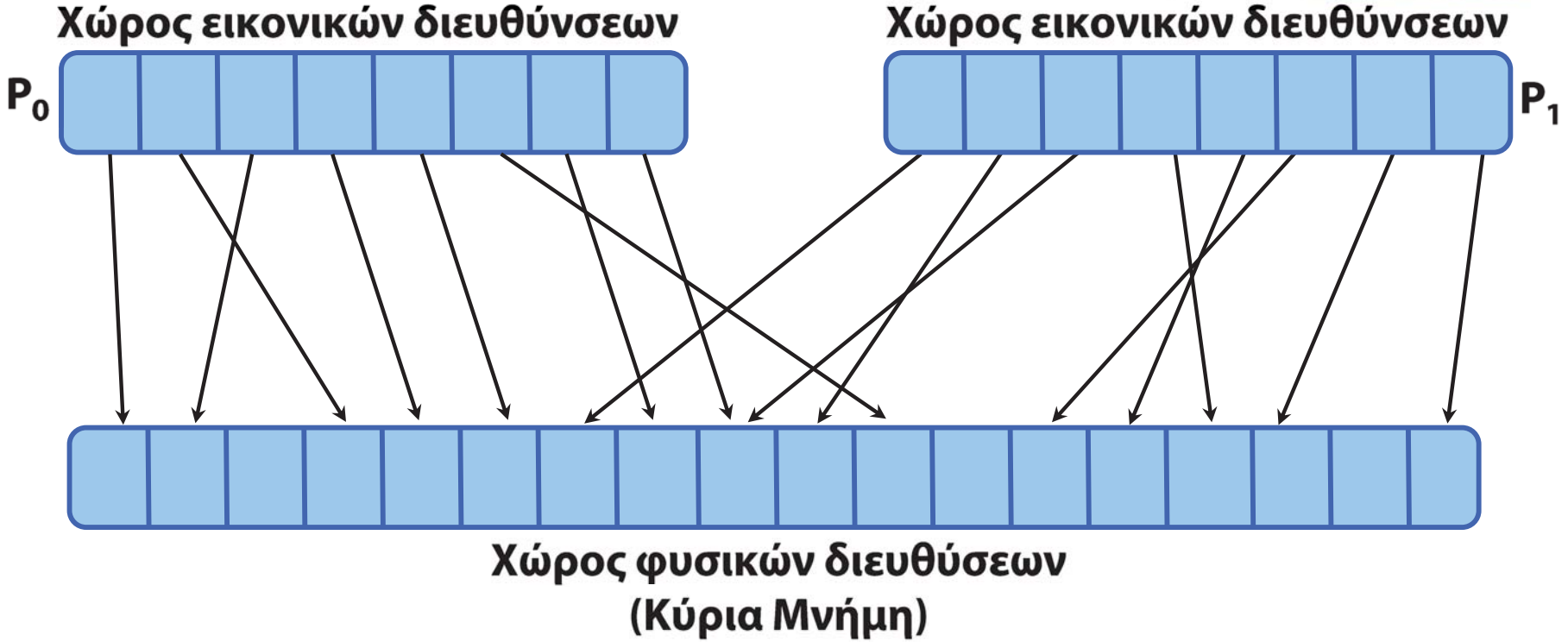
Διαχείριση Κύριας Μνήμης - Σύνοψη

- Ιεραρχία μνήμης
- Μεταγλώττιση – φόρτωση – εκτέλεση κώδικα
- Καθορισμός διευθύνσεων
- Εναλλαγή διεργασιών
- Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης
  - Στρατηγικές κατανομής, κατακερματισμός
- Σελιδοποίηση
  - Μετάφραση διευθύνσεων, πίνακες σελίδων, TLBs
  - Οργάνωση πινάκων σελίδων
- Κατάτμηση

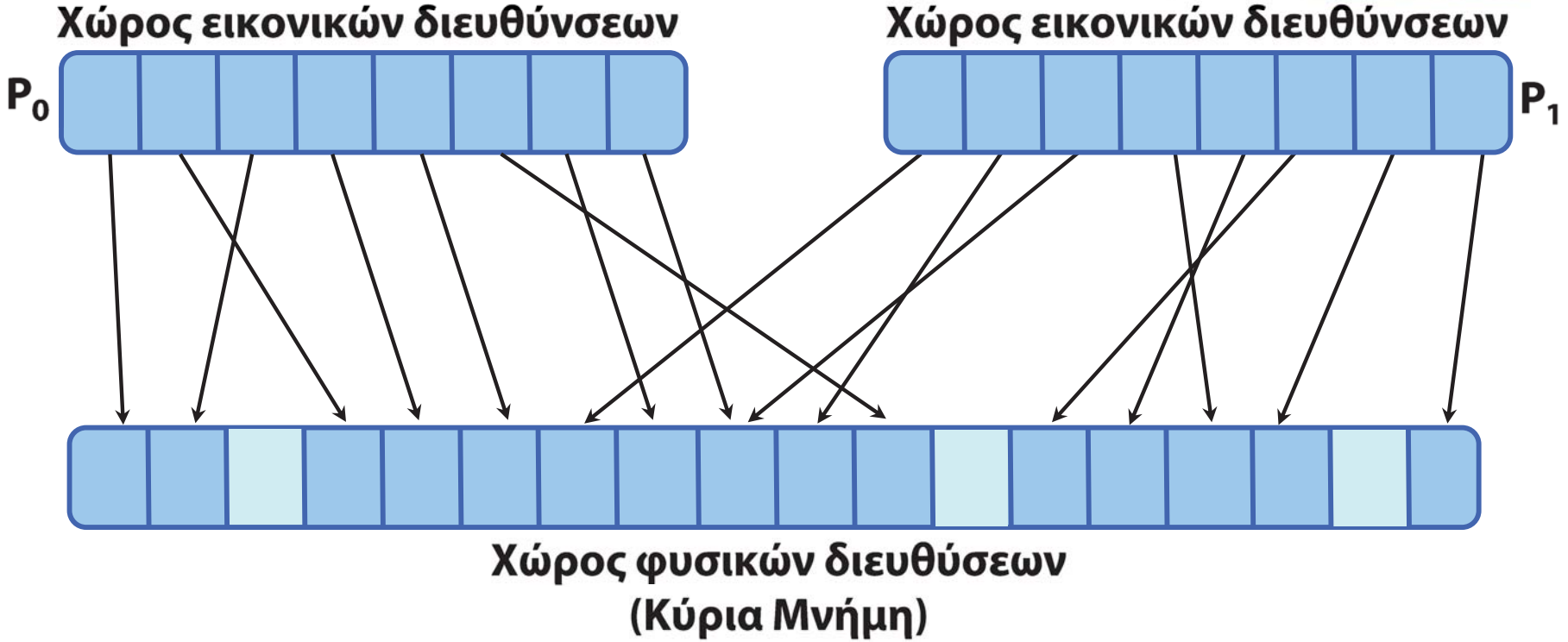
Σελιδοποίηση (1)

- Ο πιο συχνός τρόπος μετάφρασης διευθύνσεων
- Ο χώρος φυσικών διευθύνσεων χωρίζεται σε *πλαίσια* σταθερού μεγέθους (π.χ., 4096 bytes)
- Ο χώρος λογικών / εικονικών διευθύνσεων χωρίζεται σε *σελίδες*, ίδιου μεγέθους με τα πλαίσια
- Κάθε σελίδα αντιστοιχίζεται σε *οποιοδήποτε* πλαίσιο
  - χωρίς περιορισμό συνεχόμενης αποθήκευσης
  - η διεργασία ζει σε διάσπαρτα φυσικά τμήματα
  - αλλά σε γραμμικό χώρο εικονικών διευθύνσεων
- Το *Υλικό (MMU)* αναλαμβάνει τη μετάφραση

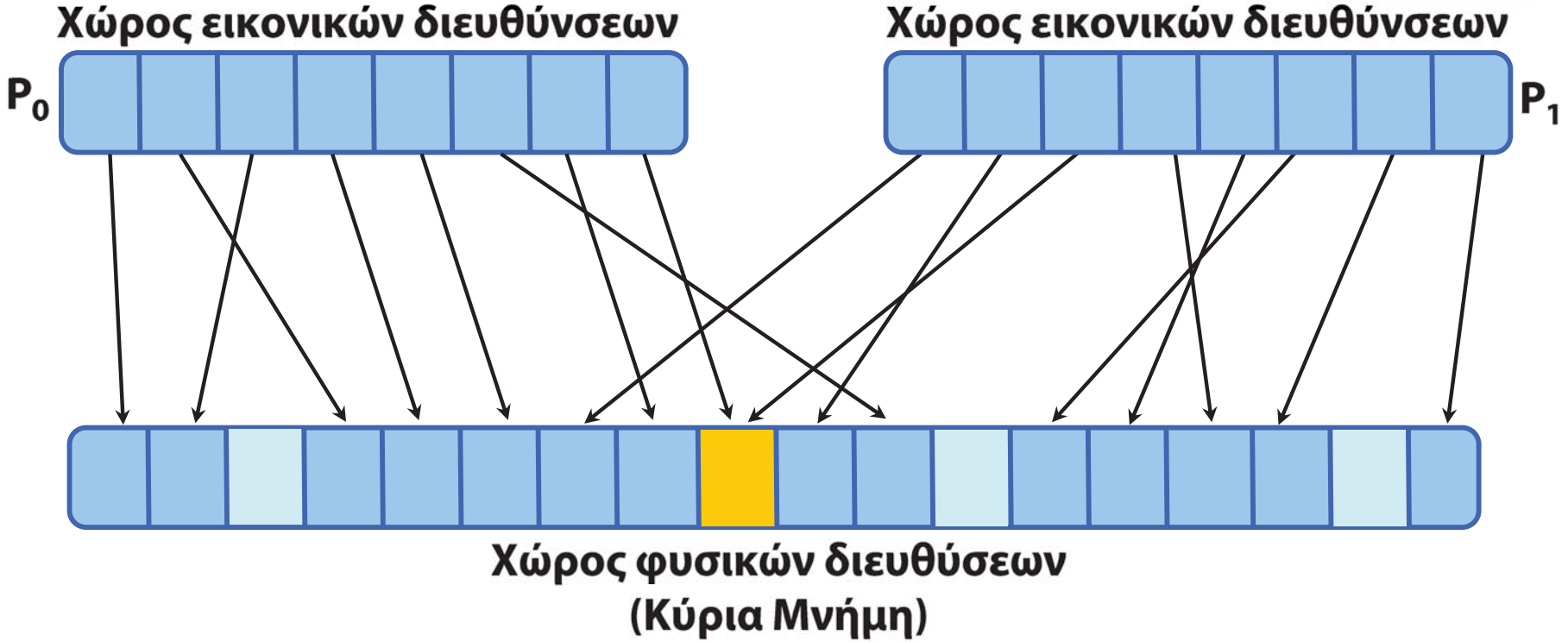
Σελιδοποίηση (2)



Σελιδοποίηση (2)

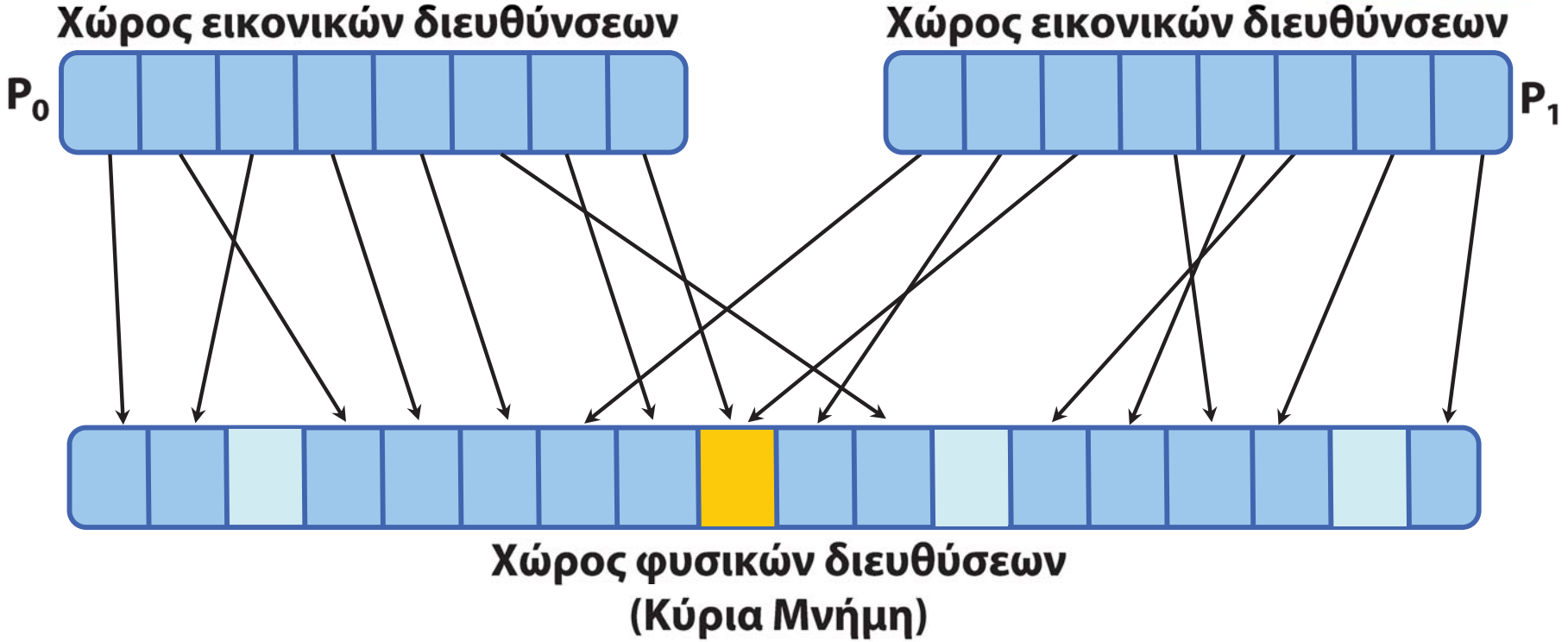


Σελιδοποίηση (2)



- Διακριτοί, γραμμικοί χώροι εικονικών διευθύνσεων
- Προστασία μνήμης
  - Μια διεργασία δεν μπορεί *καν* να αναφερθεί σε ξένες διευθύνσεις
- Μοιραζόμενη μνήμη, με αντιστοίχιση στο ίδιο πλαίσιο
- Δεν έχει εξωτερικό κατακερματισμό

Σελιδοποίηση (2)



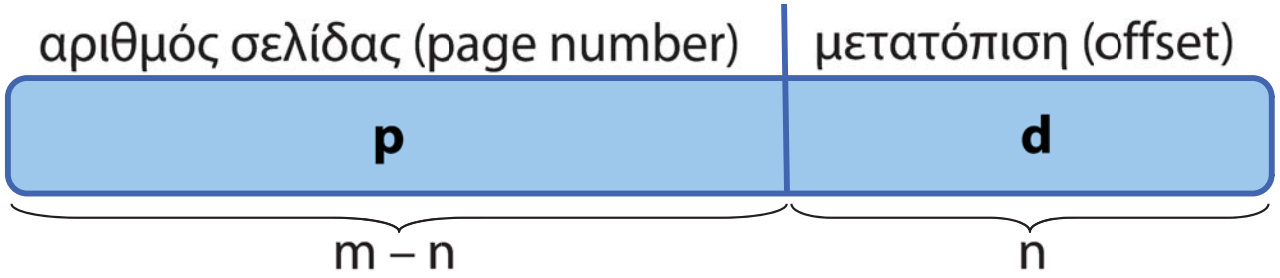
- Διακριτοί, γραμμικοί χώροι εικονικών διευθύνσεων
- Προστασία μνήμης
  - Μια διεργασία δεν μπορεί *καν* να αναφερθεί σε ξένες διευθύνσεις
- Μοιραζόμενη μνήμη, με αντιστοίχιση στο ίδιο πλαίσιο
- Δεν έχει εξωτερικό κατακερματισμό

Σελιδοποίηση (3)

- Μετάφραση διευθύνσεων με *πίνακες σελίδων*
  - Τηρούνται από το ΛΣ, τους συμβουλεύεται το υλικό
- Μέγεθος σελίδας; 4 KB – 16MB
  - Μεγάλο μέγεθος → μικρό κόστος διαχείρισης
    - μικρότεροι πίνακες σελίδων
    - εντονότερος εσωτερικός κατακερματισμός
  - Μικρό μέγεθος
    - αποφεύγεται ο εσωτερικός κατακερματισμός
    - μεγαλύτερο κόστος διαχείρισης

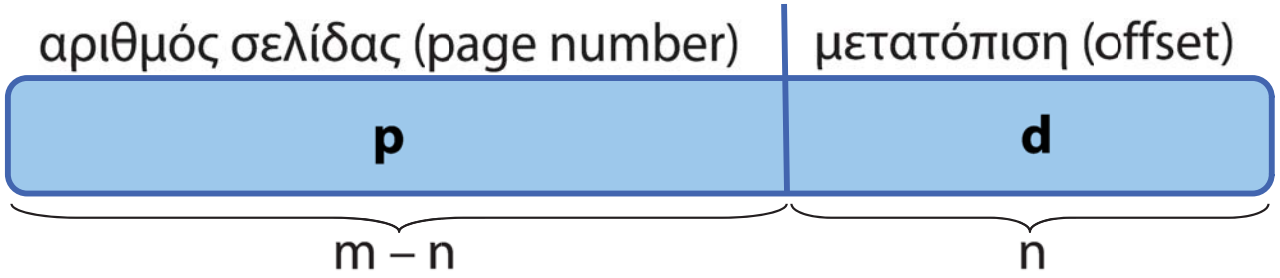
Σελιδοποίηση - Μετάφραση διευθύνσεων

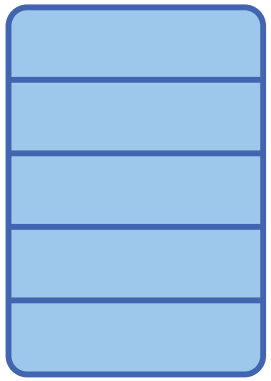
- Μέγεθος σελίδας 2^n. **Γιατί** πρέπει να είναι δύναμη του 2;
- Διεύθυνση των *m* bits, χώρος εικονικών διεύθυνσεων 2^m
- *Εικονική διεύθυνση:* αριθμός σελίδας + μετατόπιση



Σελιδοποίηση - Μετάφραση διευθύνσεων

- Μέγεθος σελίδας 2^n. **Γιατί** πρέπει να είναι δύναμη του 2;
- Διεύθυνση των *m* bits, χώρος εικονικών διεύθυνσεων 2^m
- *Εικονική διεύθυνση:* αριθμός σελίδας + μετατόπιση

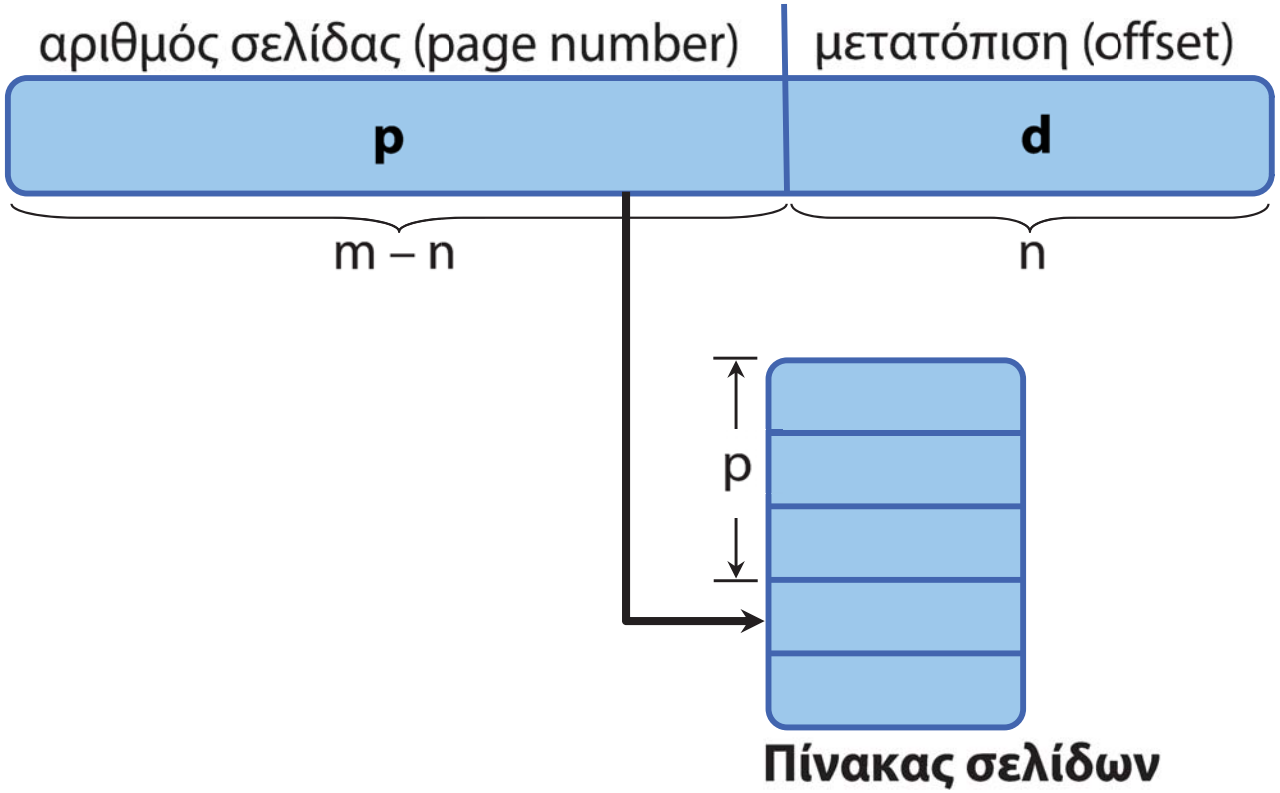




Πίνακας σελίδων

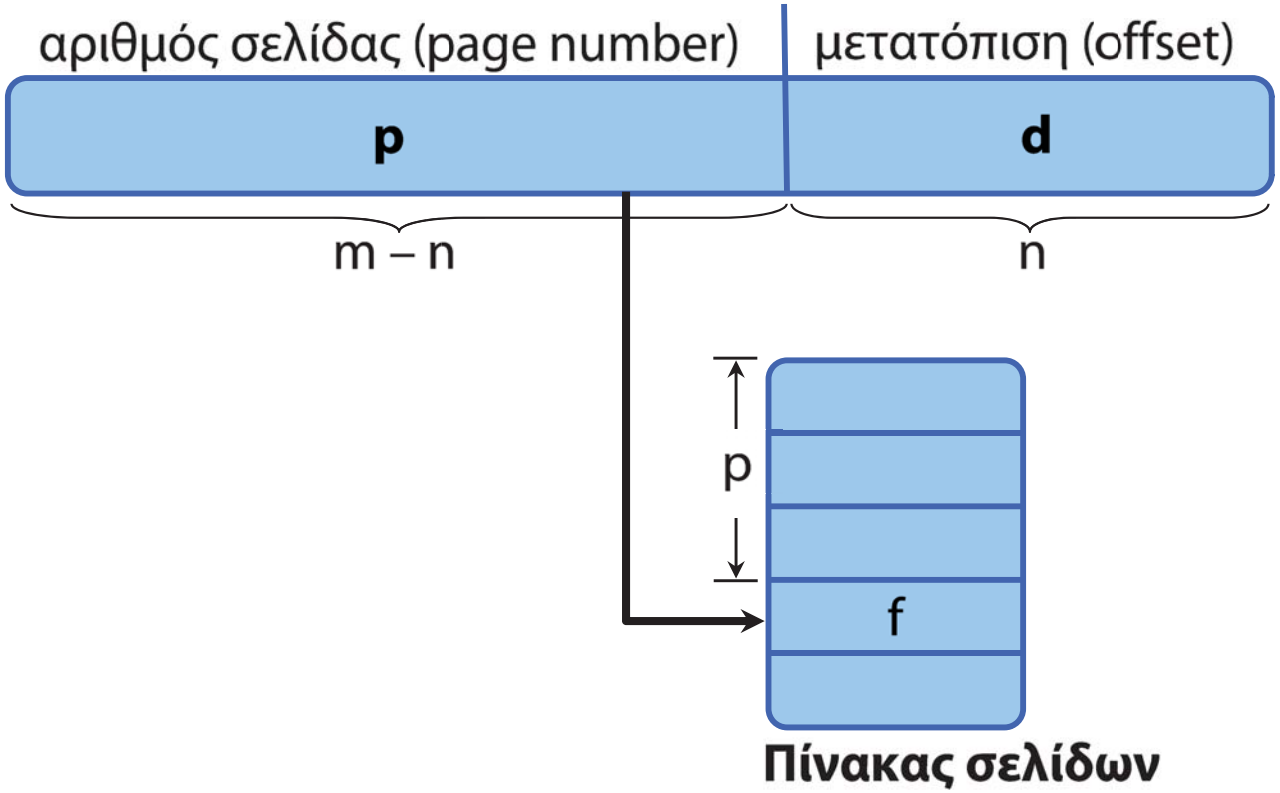
Σελιδοποίηση - Μετάφραση διευθύνσεων

- Μέγεθος σελίδας 2^n. **Γιατί** πρέπει να είναι δύναμη του 2;
- Διεύθυνση των *m* bits, χώρος εικονικών διεύθυνσεων 2^m
- *Εικονική διεύθυνση:* αριθμός σελίδας + μετατόπιση

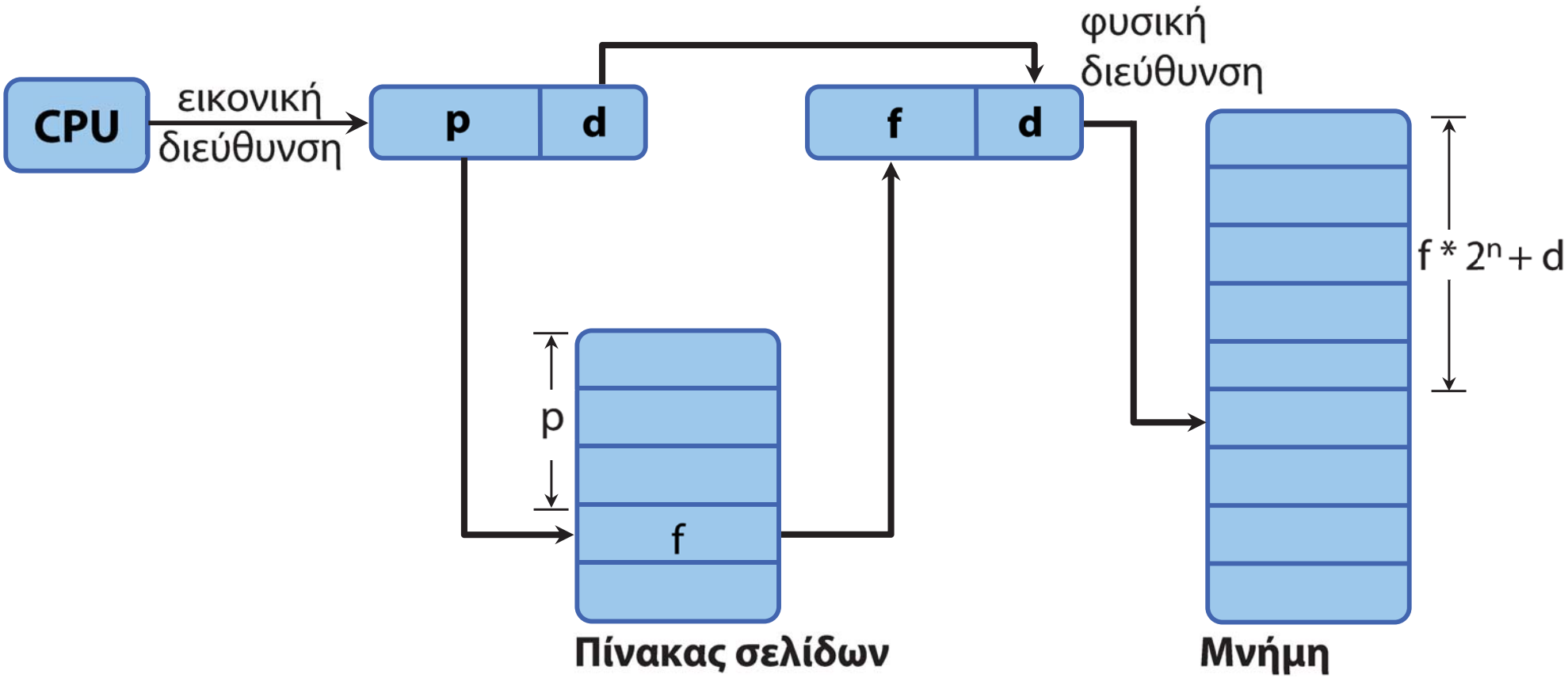


Σελιδοποίηση - Μετάφραση διευθύνσεων

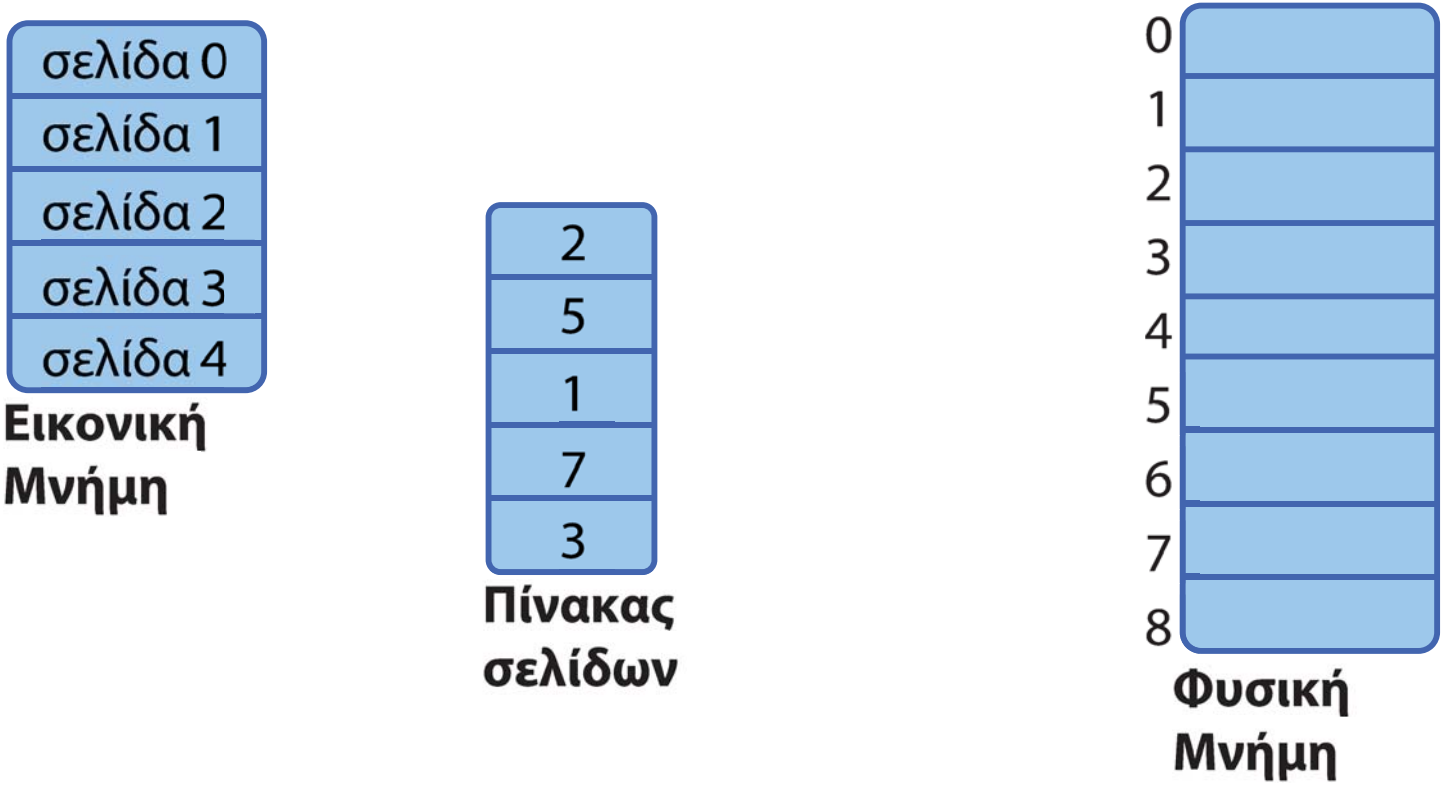
- Μέγεθος σελίδας 2^n. **Γιατί** πρέπει να είναι δύναμη του 2;
- Διεύθυνση των *m* bits, χώρος εικονικών διεύθυνσεων 2^m
- *Εικονική διεύθυνση:* αριθμός σελίδας + μετατόπιση



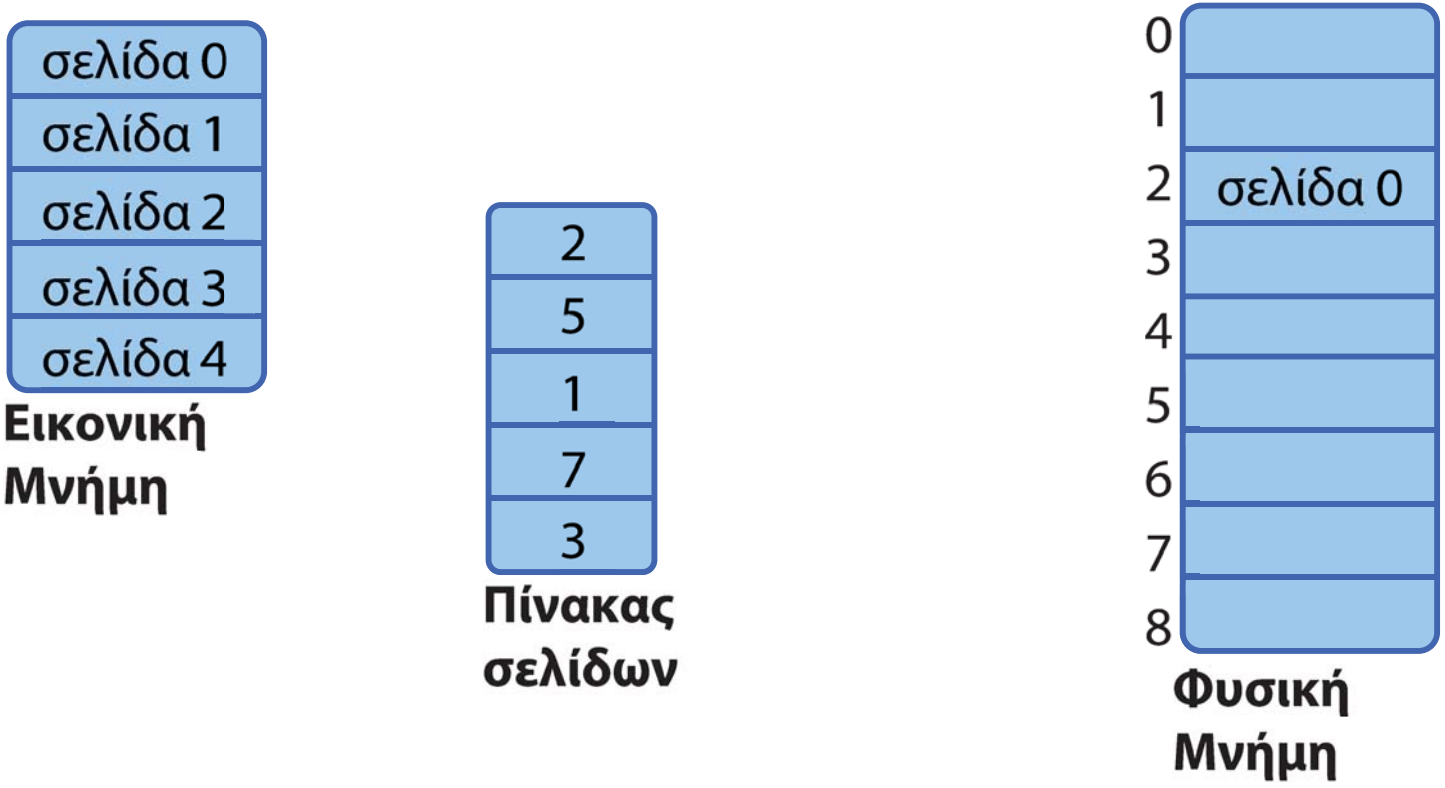
Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση



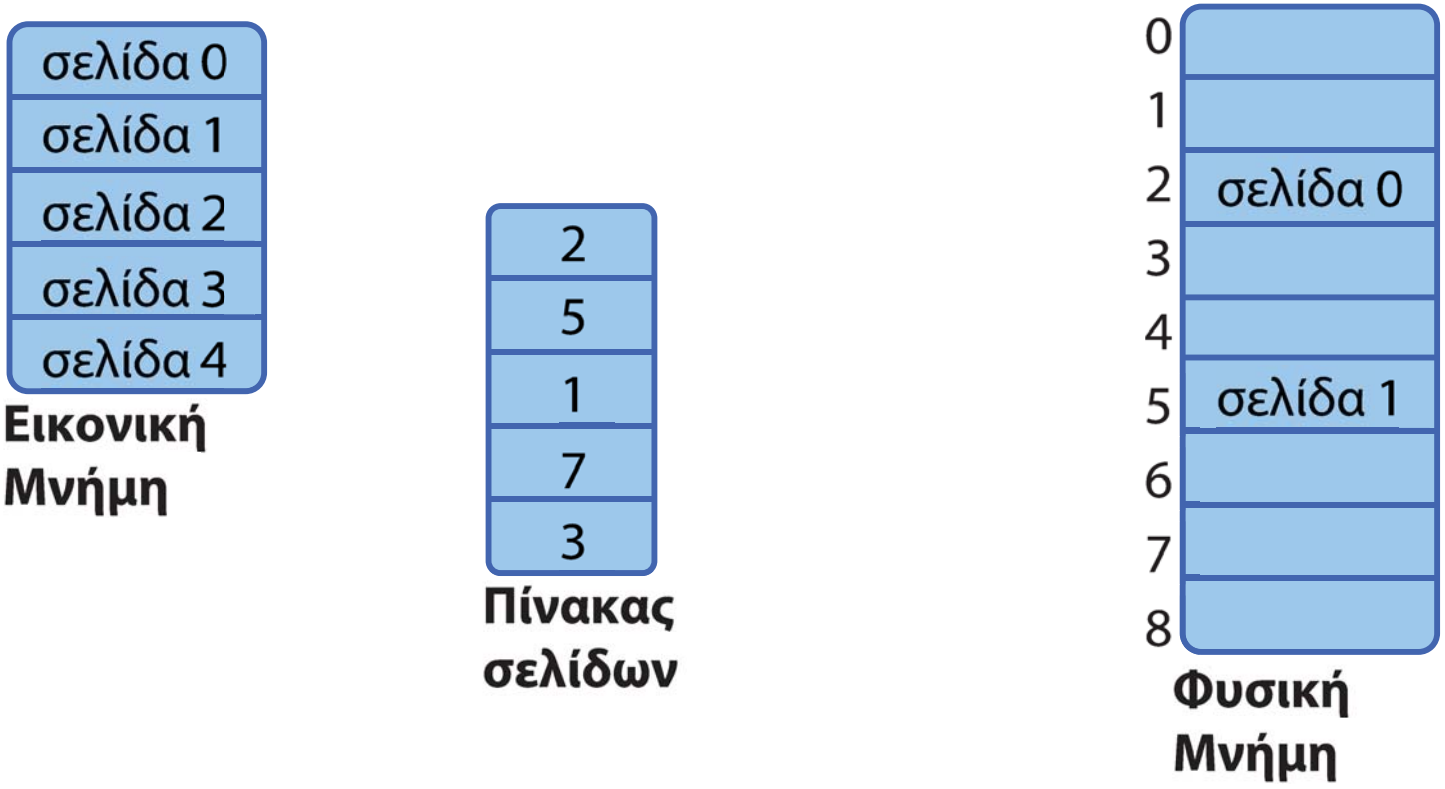
Μοντέλο σελιδοποίησης



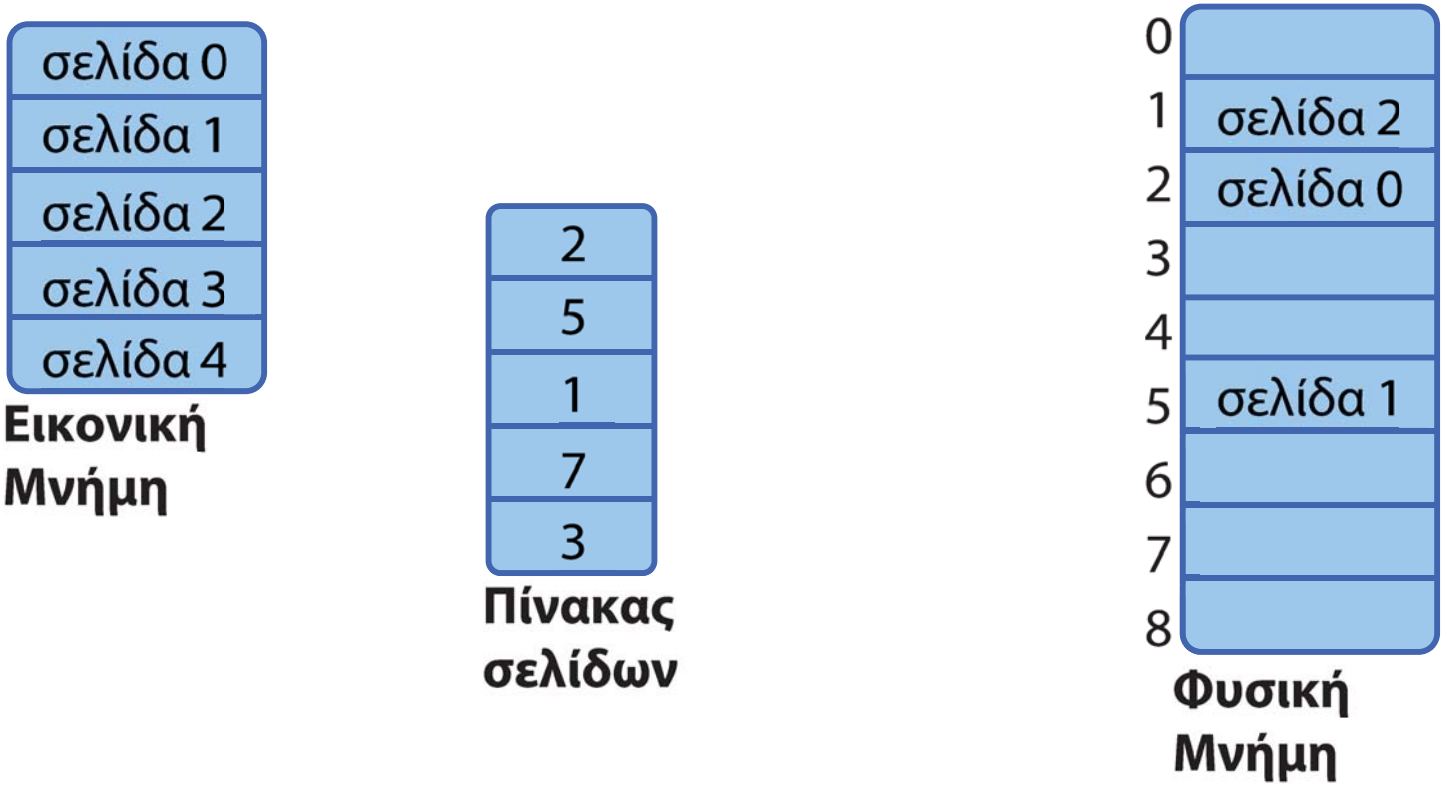
Μοντέλο σελιδοποίησης



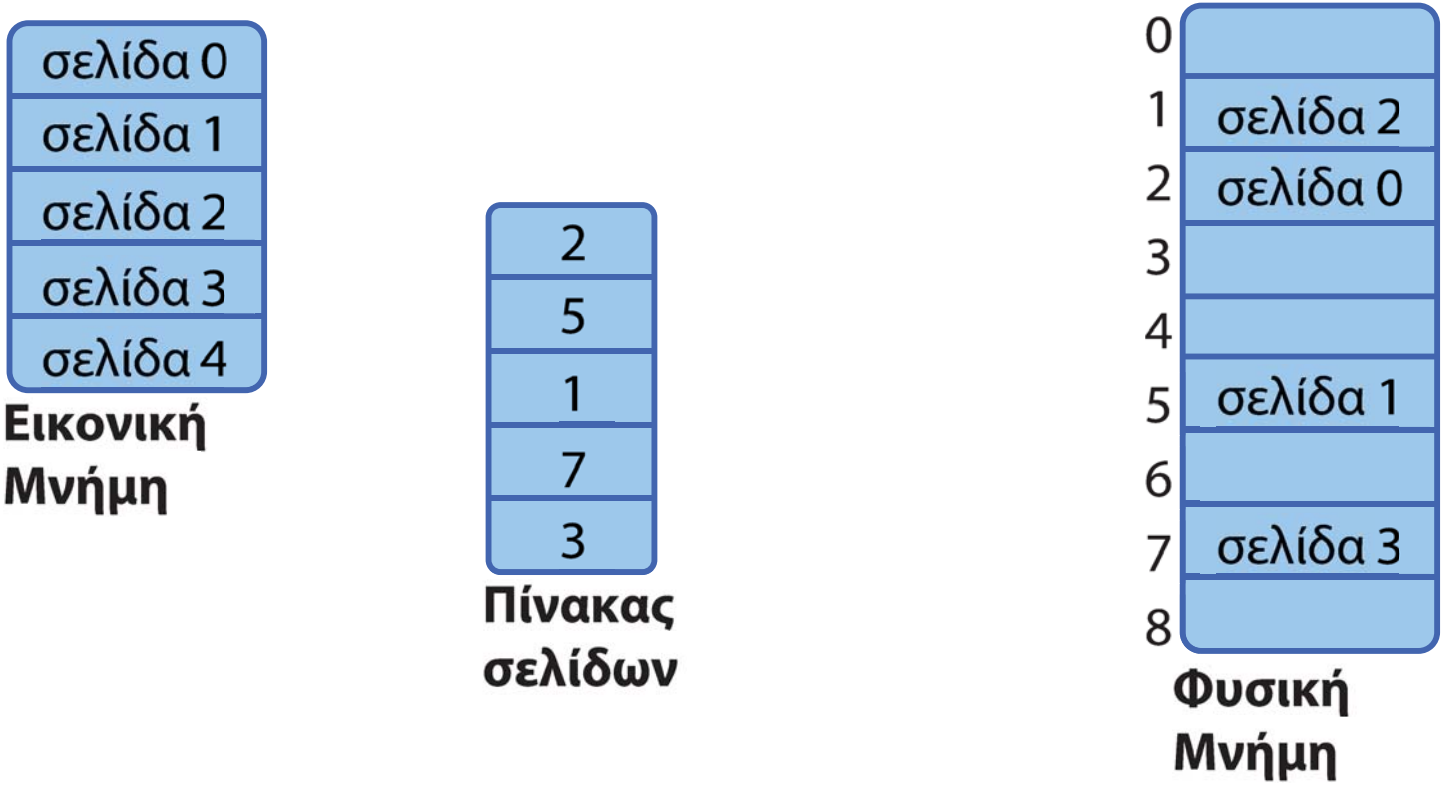
Μοντέλο σελιδοποίησης



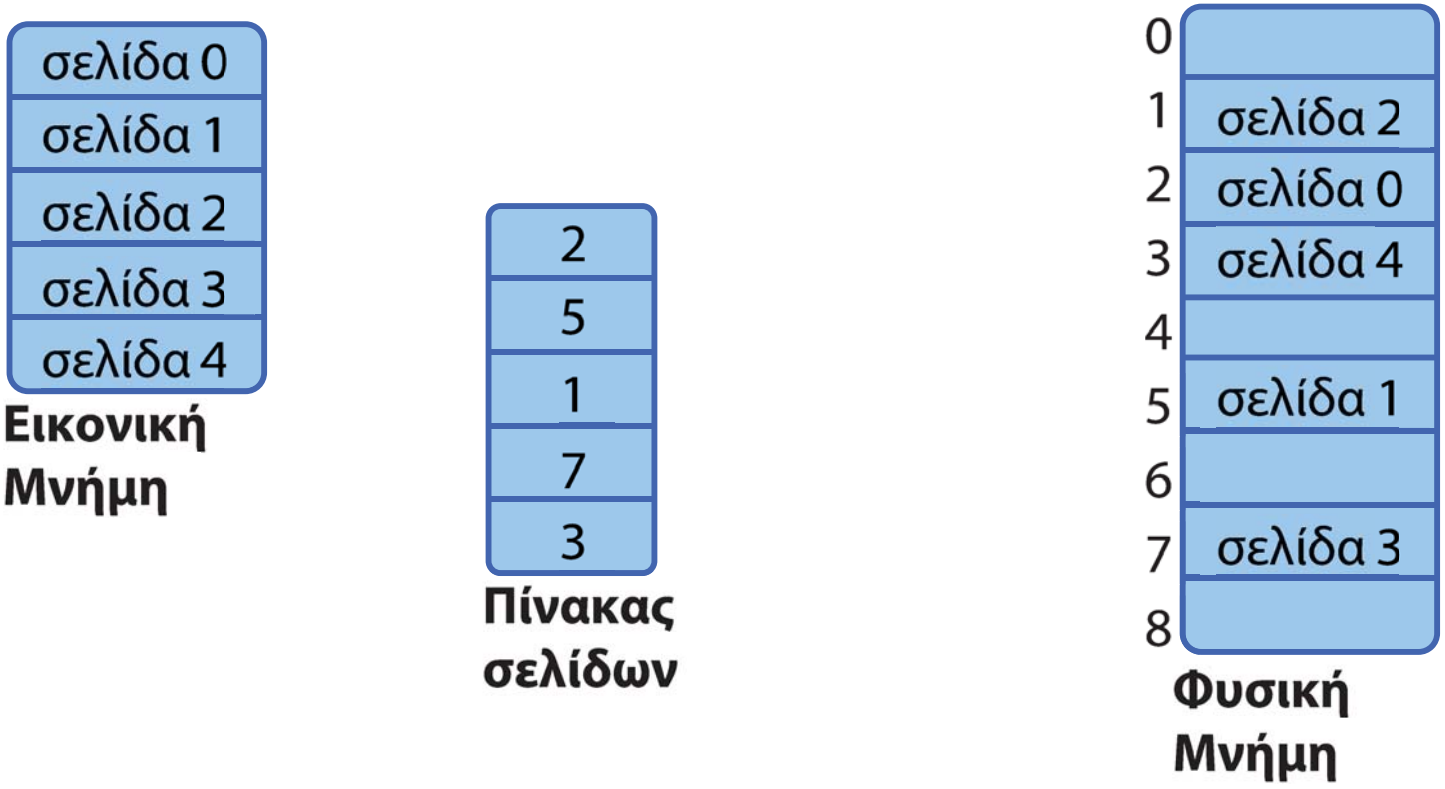
Μοντέλο σελιδοποίησης



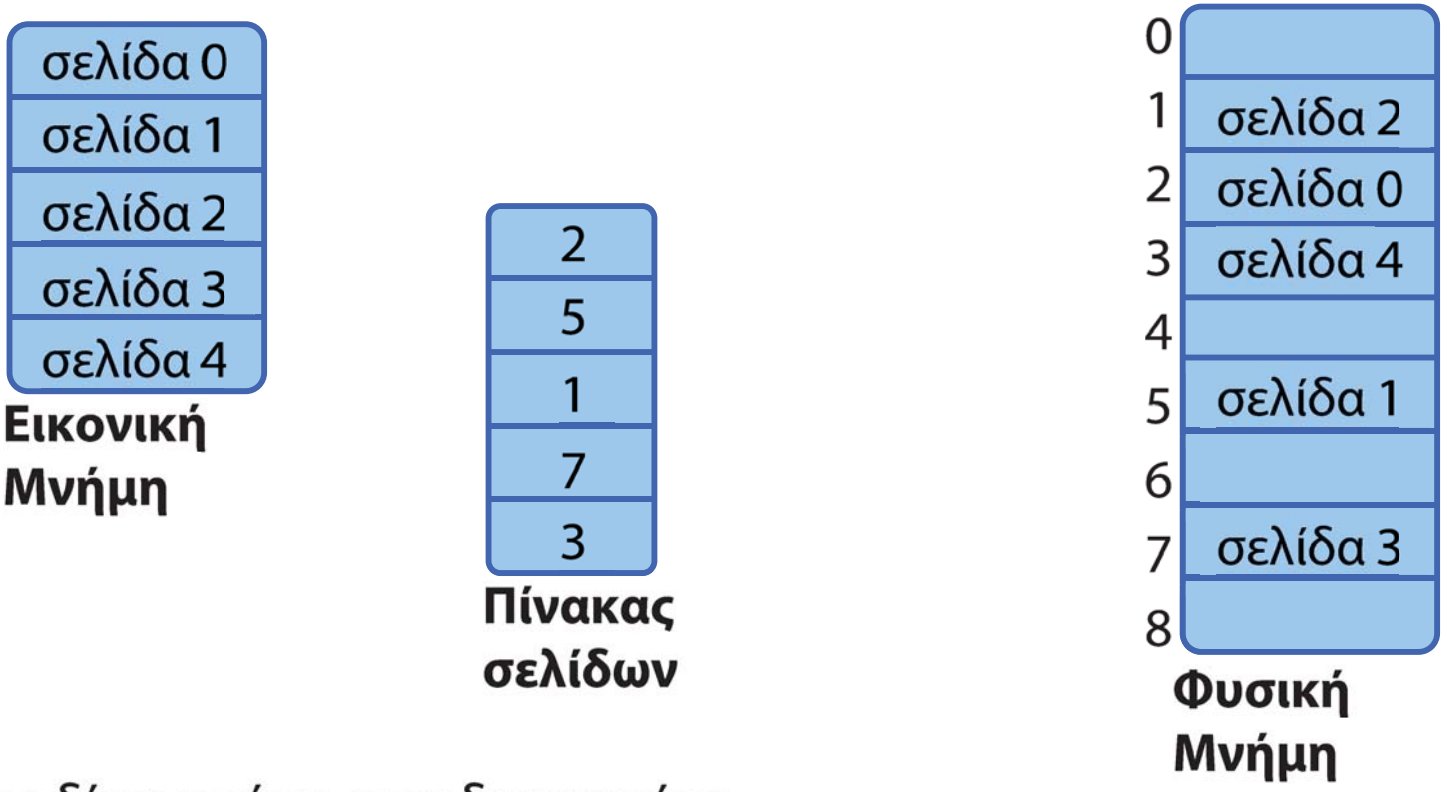
Μοντέλο σελιδοποίησης



Μοντέλο σελιδοποίησης

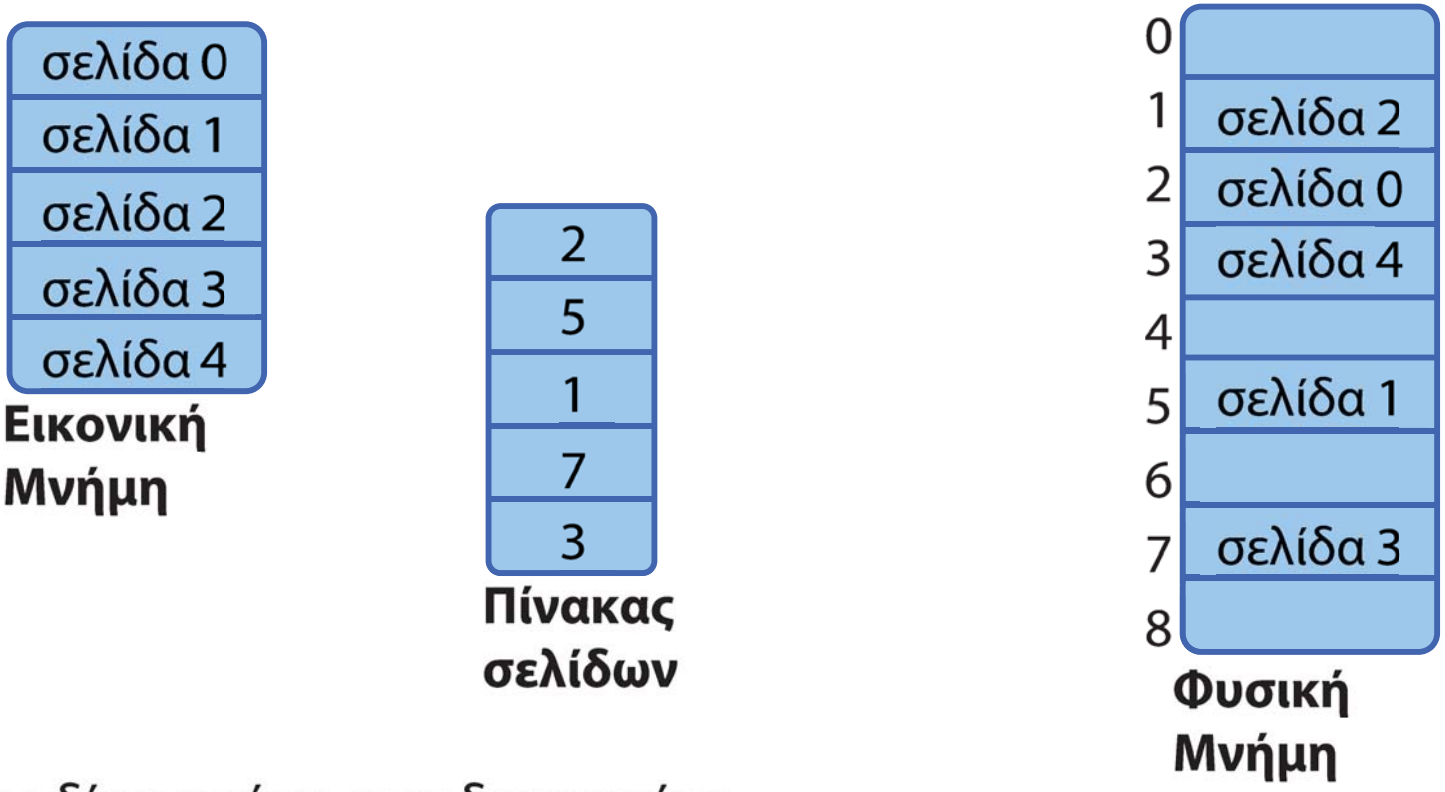


Μοντέλο σελιδοποίησης



- Ποιος δίνει μνήμη στις διεργασίες;
  - ➡ Το ΛΣ βρίσκει διαθέσιμα πλαίσια και τα απεικονίζει
- Το ΛΣ γνωρίζει (π.χ. λίστα) ποια πλαίσια είναι ελεύθερα (πίνακας πλαισίων)

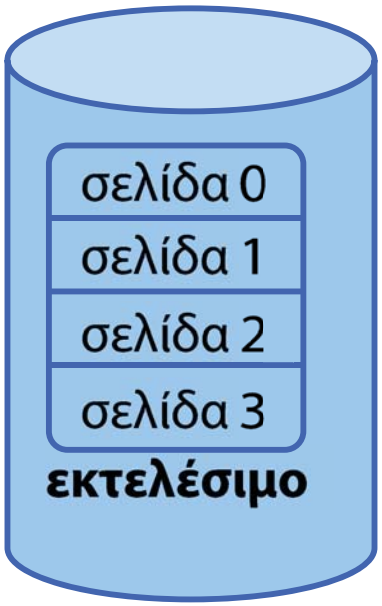
Μοντέλο σελιδοποίησης

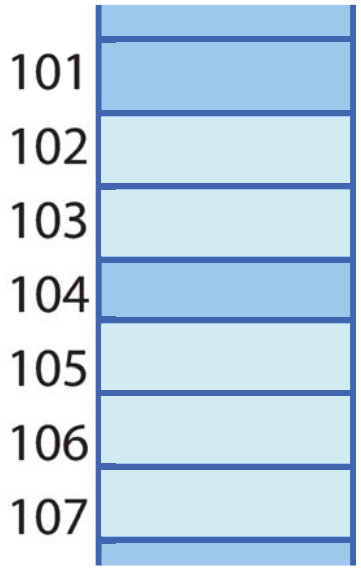


- Ποιος δίνει μνήμη στις διεργασίες;
  - ➡ Το ΛΣ βρίσκει διαθέσιμα πλαίσια και τα απεικονίζει
- Το ΛΣ γνωρίζει (π.χ. λίστα) ποια πλαίσια είναι ελεύθερα (πίνακας πλαισίων)

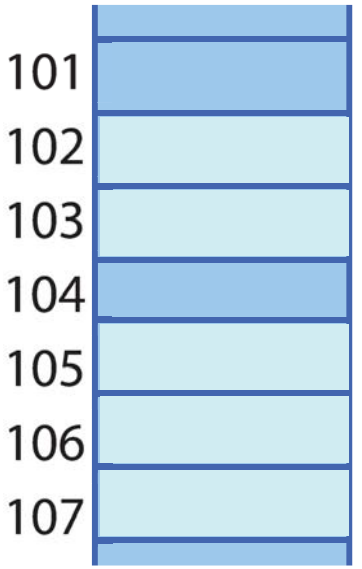
Ανάθεση πλαισίων σε νέα διεργασία

Λίστα ελεύθερων πλαισίων:
102, 105, 107, 103, 106





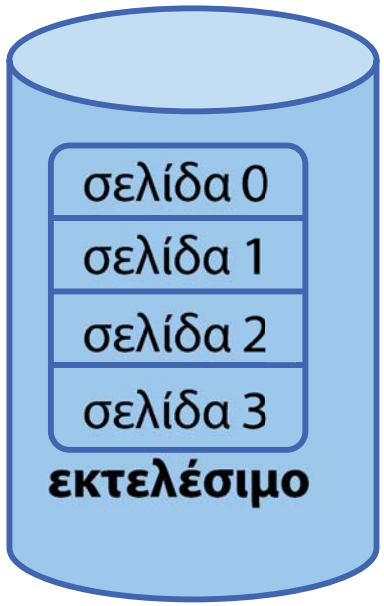
Φυσική Μνήμη (πριν)

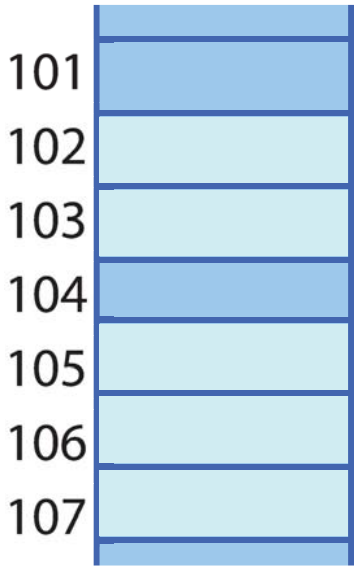


Φυσική Μνήμη (μετά)

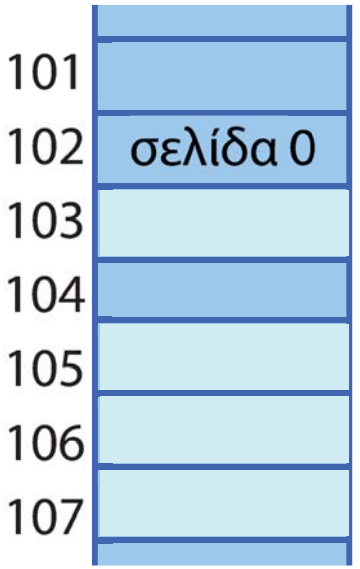
Ανάθεση πλαισίων σε νέα διεργασία

Λίστα ελεύθερων πλαισίων:
102, 105, 107, 103, 106





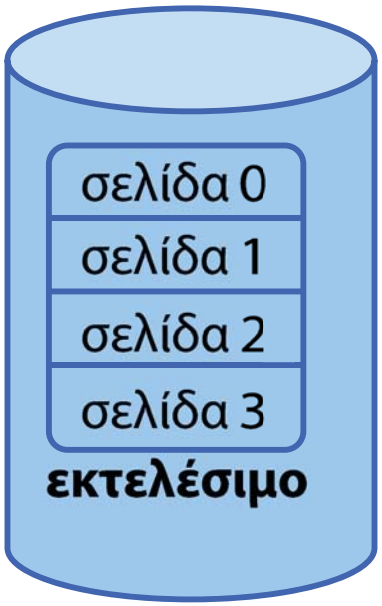
Φυσική Μνήμη (πριν)

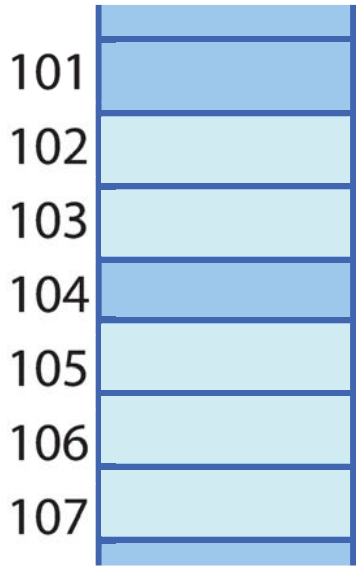


Φυσική Μνήμη (μετά)

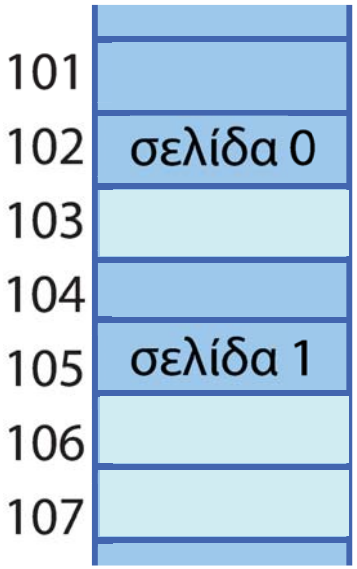
Ανάθεση πλαισίων σε νέα διεργασία

Λίστα ελεύθερων πλαισίων:
102, 105, 107, 103, 106





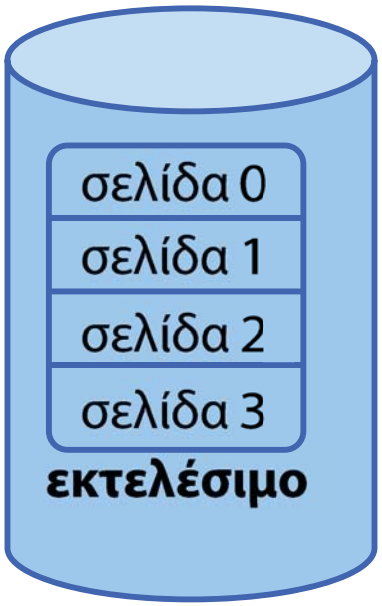
Φυσική Μνήμη (πριν)

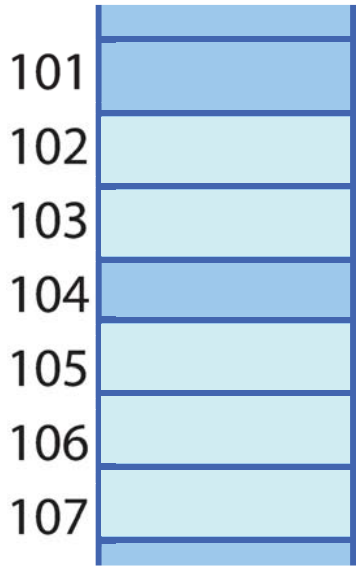


Φυσική Μνήμη (μετά)

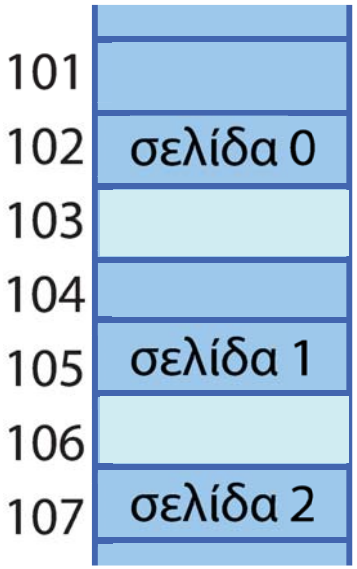
Ανάθεση πλαισίων σε νέα διεργασία

Λίστα ελεύθερων πλαισίων:
102, 105, 107, 103, 106





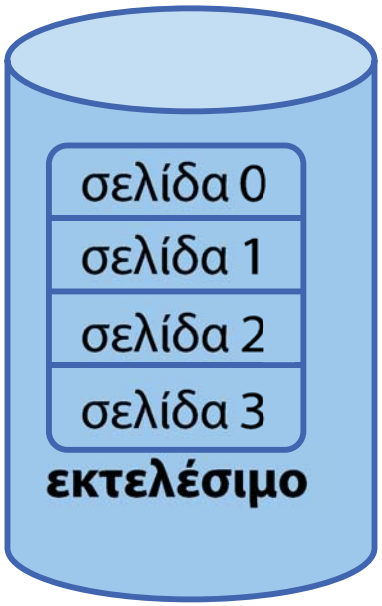
Φυσική Μνήμη (πριν)

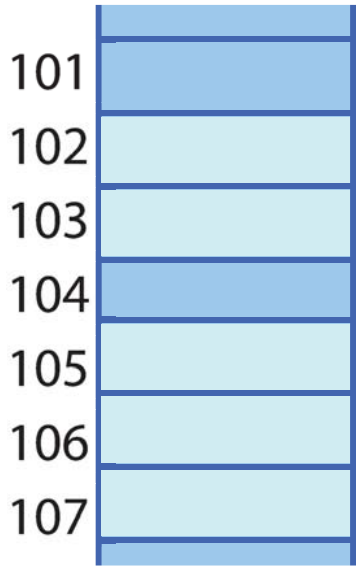


Φυσική Μνήμη (μετά)

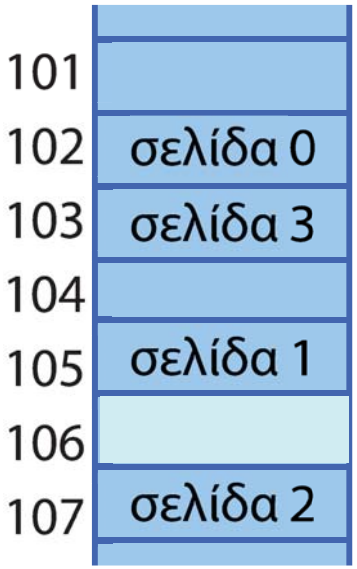
Ανάθεση πλαισίων σε νέα διεργασία

Λίστα ελεύθερων πλαισίων:
102, 105, 107, 103, 106



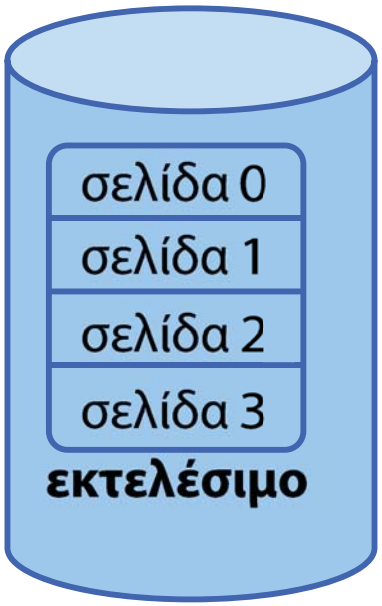


Φυσική Μνήμη (πριν)

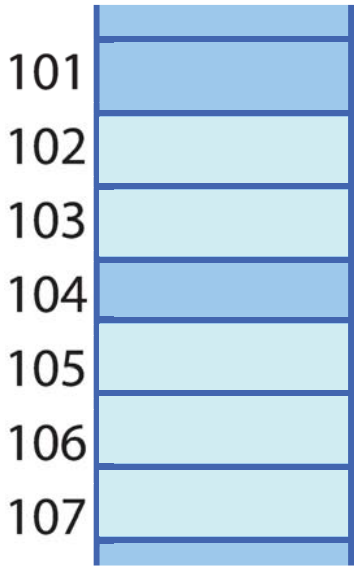


Φυσική Μνήμη (μετά)

Ανάθεση πλαισίων σε νέα διεργασία

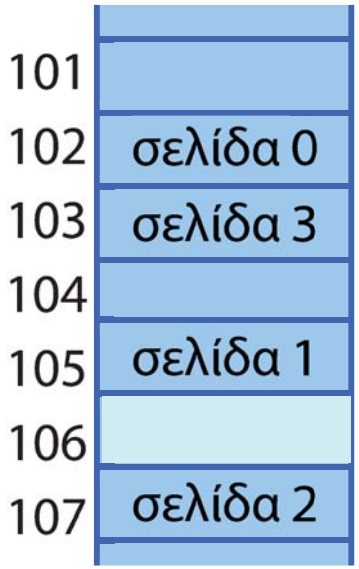


Λίστα ελεύθερων πλαισίων:
102, 105, 107, 103, 106



Φυσική Μνήμη (πριν)

Λίστα ελεύθερων πλαισίων:
106



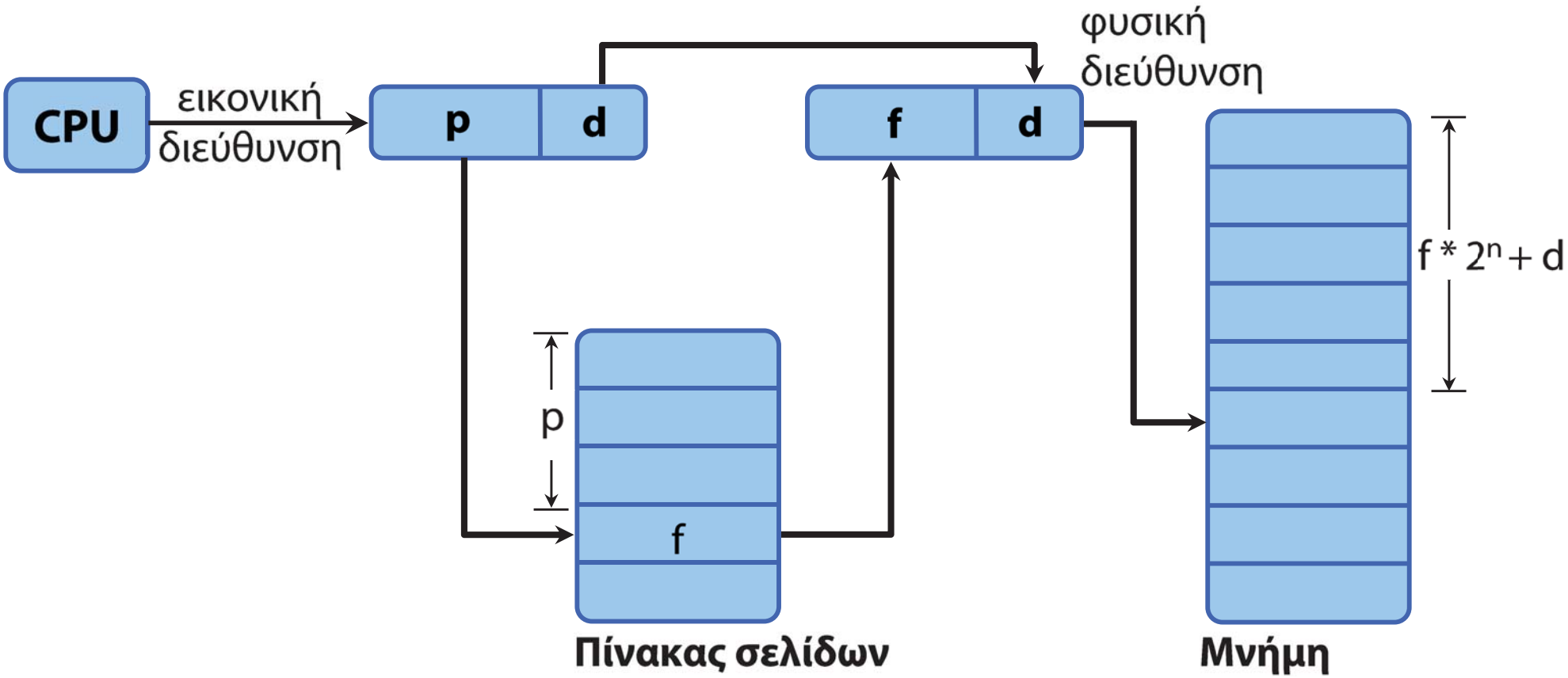
Φυσική Μνήμη (μετά)

Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση

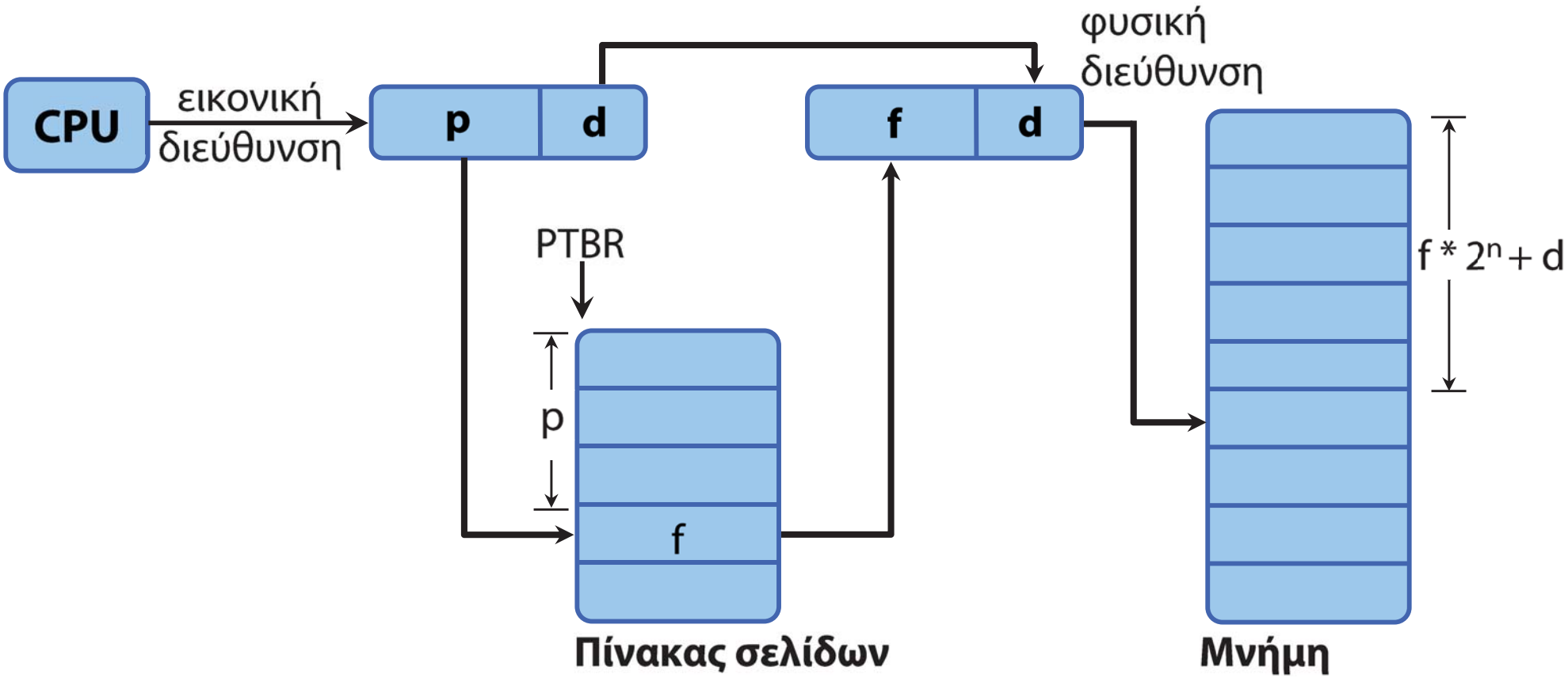
Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση

- Πώς υλοποιείται ο πίνακας σελίδων;
  - Ειδικοί, αφιερωμένοι καταχωρητές (DEC PDP-11)
    - ναι, αλλά είχε 16-bit διευθύνσεις και μέγεθος σελίδας 8KB
  - Πίνακας σελίδων στη μνήμη
    - Καταχωρητής βάσης πίνακα σελίδων – PTBR (πχ. %cr3 στον x86)
    - Πόσες προσβάσεις χρειάζονται στη μνήμη για *κάθε* πρόσβαση από τη CPU;
- Κρυφή μνήμη για τις *μεταφράσεις:* Translation Look-aside Buffer (TLB)
  - Συσχετιστική, πολύ γρήγορη μνήμη

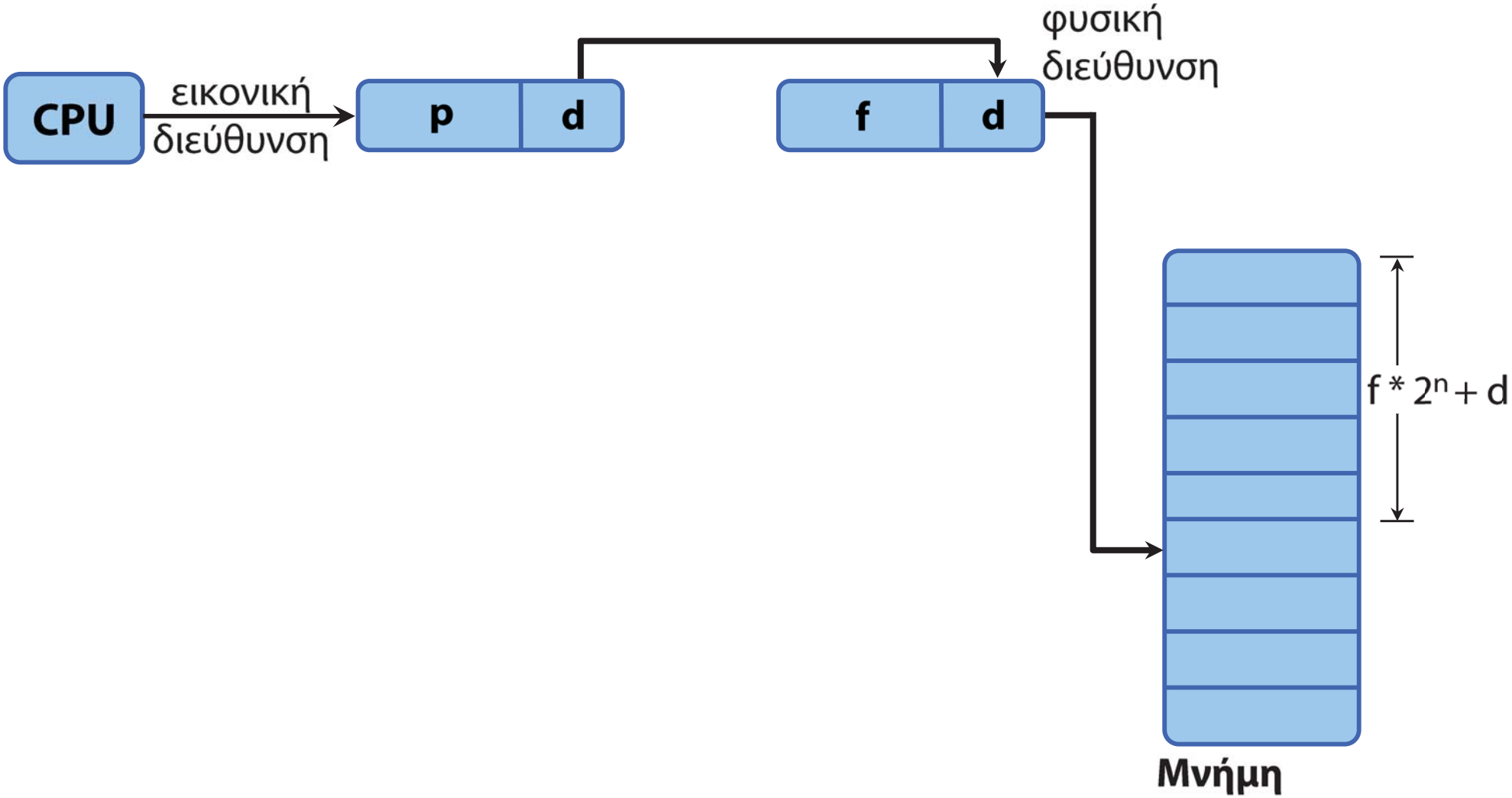
Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση



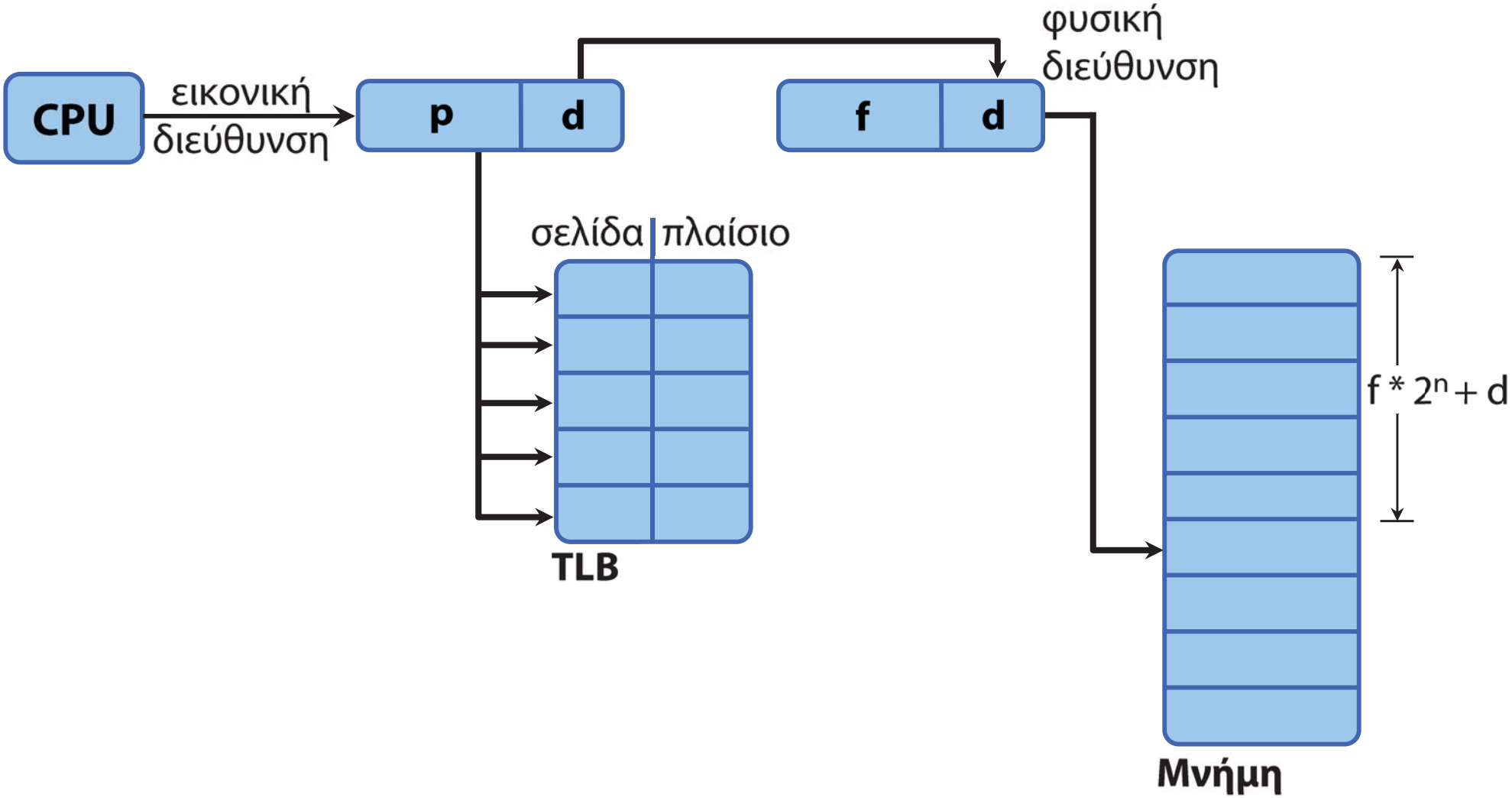
Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση



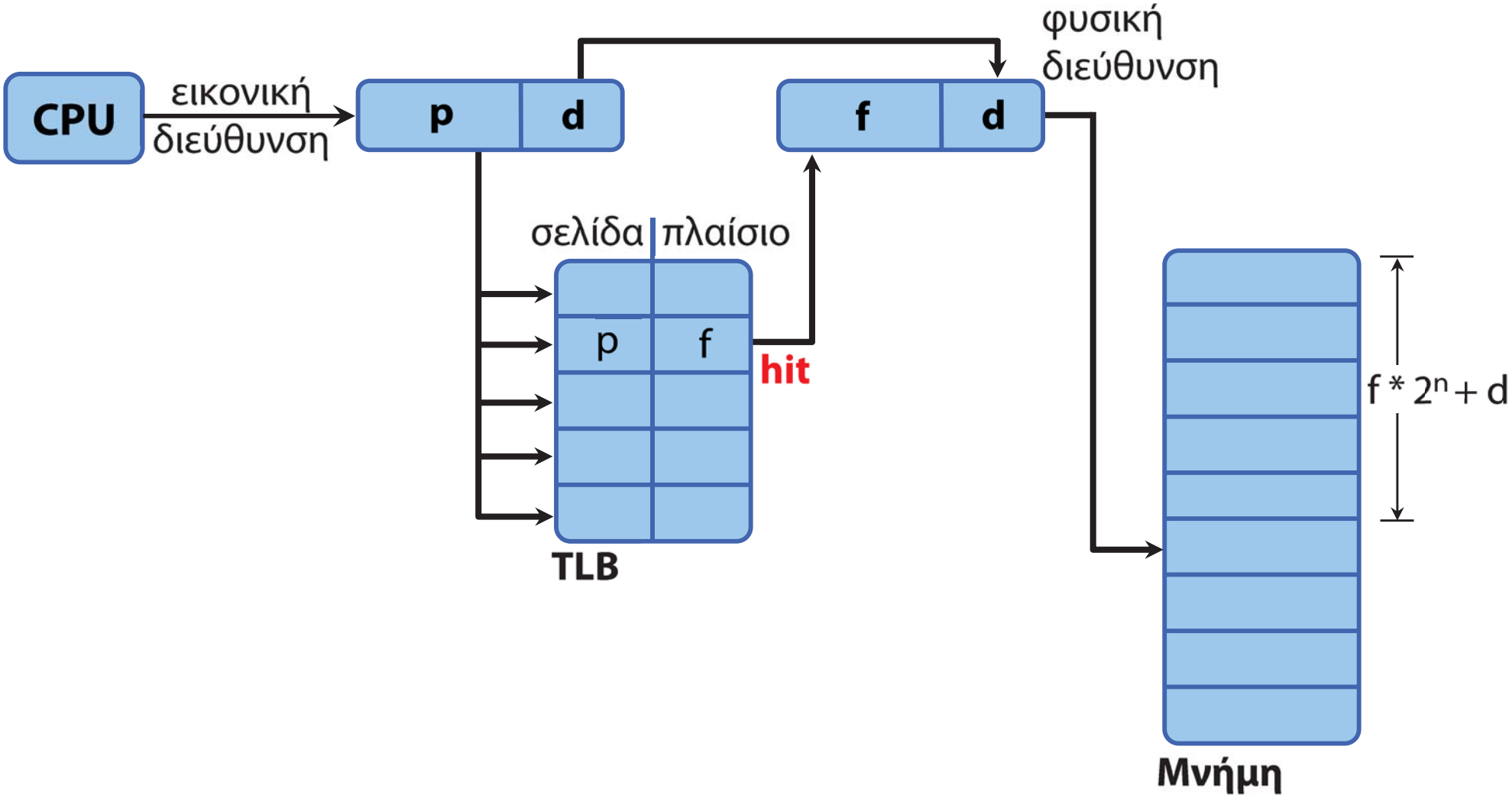
Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (1)



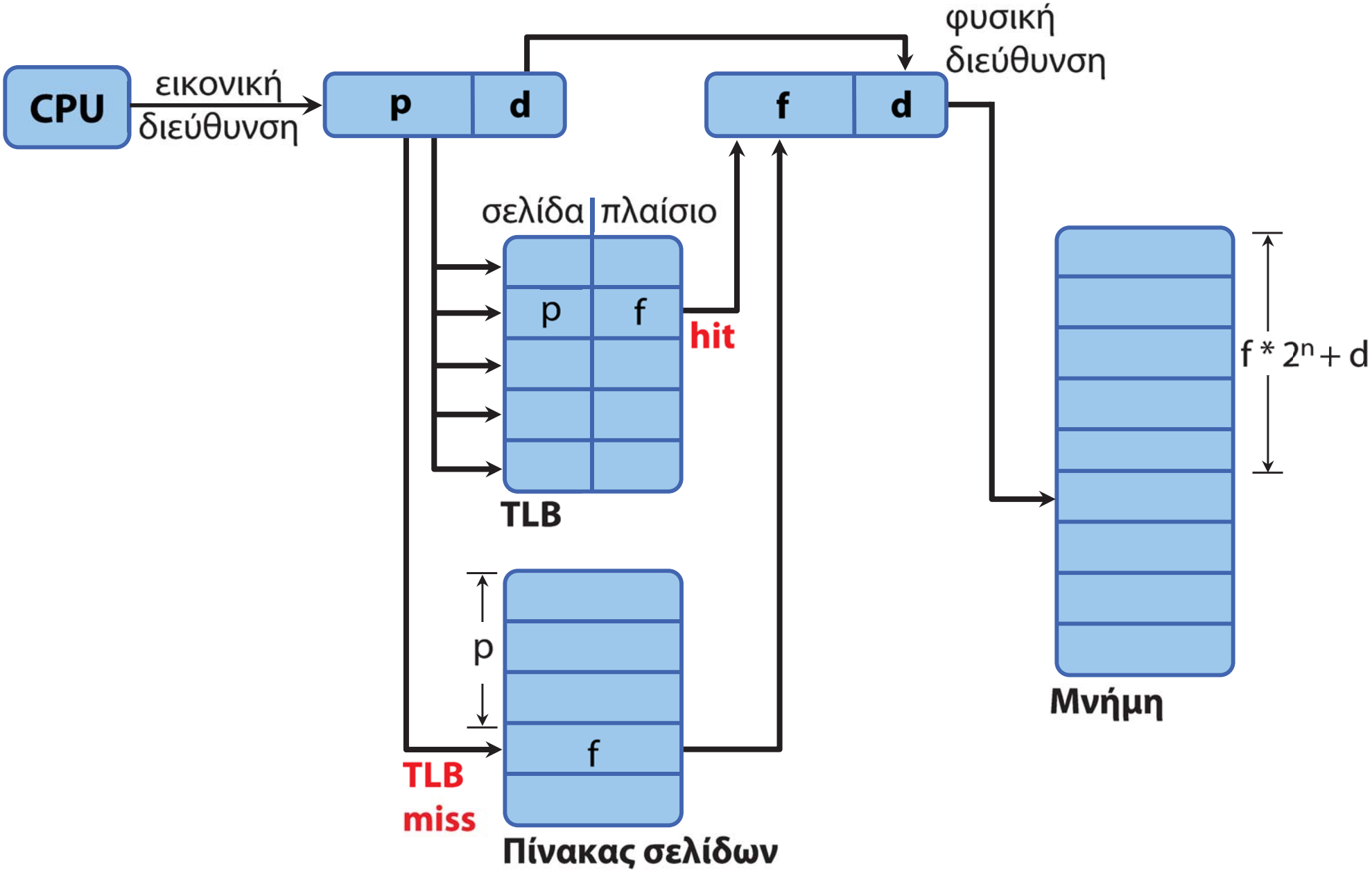
Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (1)



Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (1)



Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (1)



Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (2)

Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (2)

- Ο TLB έχει μικρό αριθμό εγγραφών (64-1024)
- Τι συμβαίνει αν υπάρξει TLB miss;
  - διάσχιση του πίνακα σελίδων στη μνήμη (page table walk) – κοστίζει πολύ
- Ποιος κάνει τη διάσχιση;
  - *Η CPU:* Hardware-managed TLBs (Intel x86)
  - *Το ΛΣ:* Software-managed TLBs (MIPS, SPARC)
- Με software-managed TLB, το ΛΣ αποφασίζει ελεύθερα για την οργάνωση του πίνακα σελίδων

Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (3)

Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (3)

- Τι συμβαίνει σε context switch;
  - Οι εγγραφές του TLB είναι άκυρες
    - Καθαρισμός TLB – TLB flush
  - Καλύτερο: Αναγνωριστικά χώρου διευθύνσεων
    - Address-Space ID (ASID) για κάθε εγγραφή του TLB
    - Νήματα της ίδιας διεργασίας → ίδιο αναγνωριστικό

- Πραγματικός χρόνος πρόσβασης
  - Αν h = TLB hit ratio, ε = κόστος αναζήτησης στο TLB, τ = χρόνος πρόσβασης στη μνήμη
  - Effective Access Time = $(\varepsilon + \tau)\, h + (\varepsilon + 2\tau)\,(1- h)$

Υποστήριξη υλικού για σελιδοποίηση – TLB (3)

- Τι συμβαίνει σε context switch;
  - Οι εγγραφές του TLB είναι άκυρες
    - Καθαρισμός TLB – TLB flush
  - Καλύτερο: Αναγνωριστικά χώρου διευθύνσεων
    - Address-Space ID (ASID) για κάθε εγγραφή του TLB
    - Νήματα της ίδιας διεργασίας → ίδιο αναγνωριστικό

- Πραγματικός χρόνος πρόσβασης
  - Αν h = TLB hit ratio, ε = κόστος αναζήτησης στο TLB, τ = χρόνος πρόσβασης στη μνήμη
  - Effective Access Time = $(\varepsilon + \tau)\, h + (\varepsilon + 2\tau)\,(1- h)$

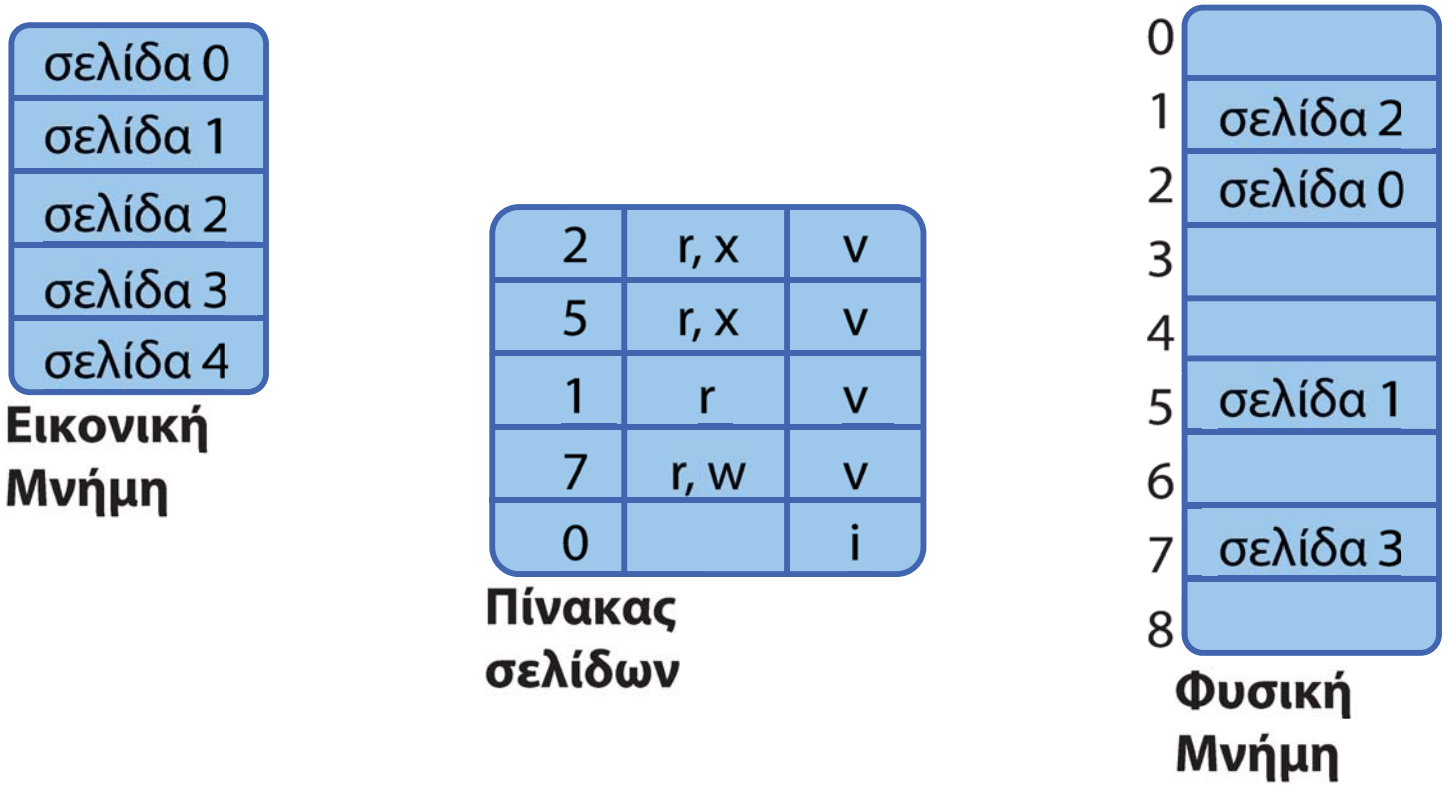
Σελιδοποίηση – Προστασία (1)

Σελιδοποίηση – Προστασία (1)

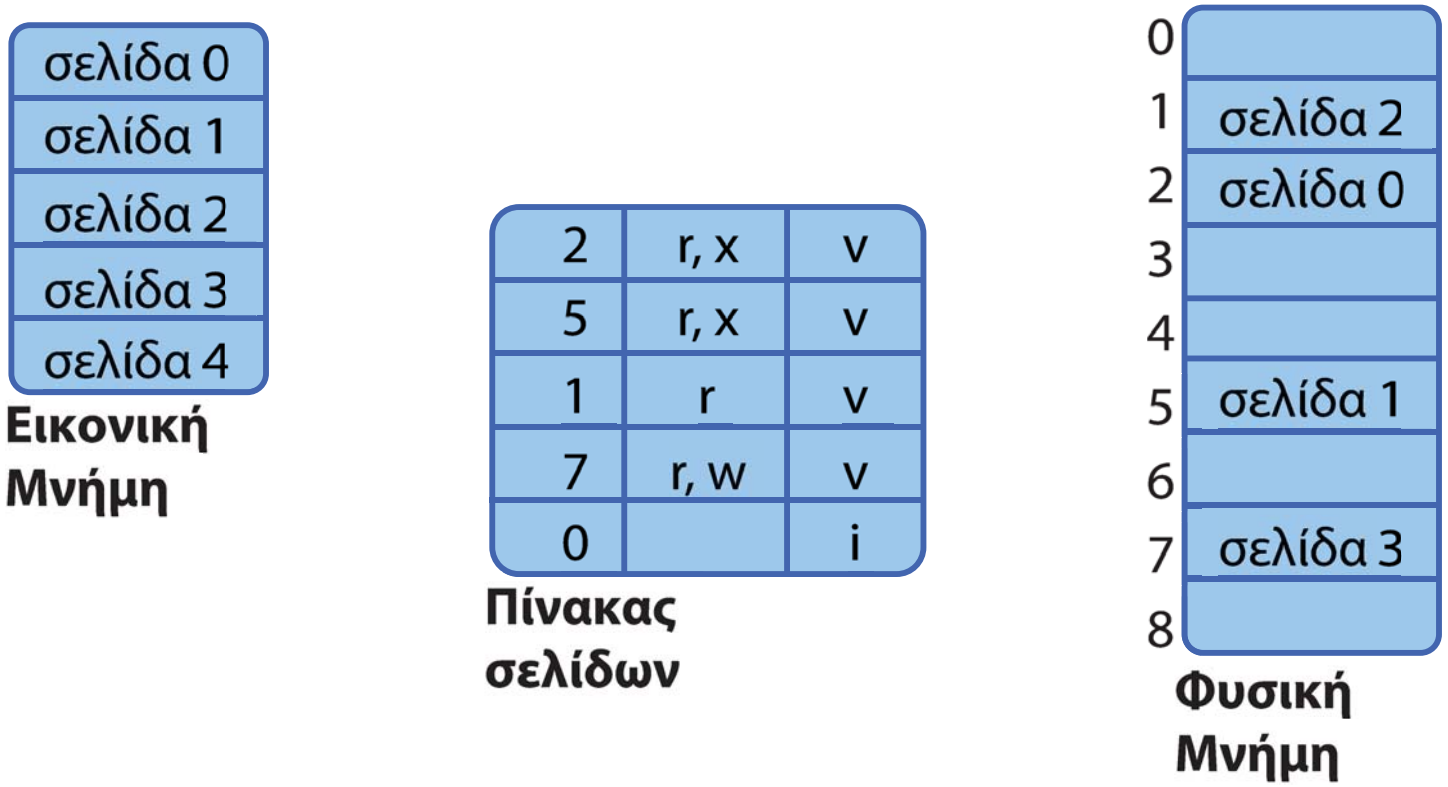
- Επιβολή δικαιωμάτων πρόσβασης
  - με bits προστασίας ανά σελίδα εικονικής μνήμης
- Π.χ., για μοιραζόμενη μνήμη
  - Μία διεργασία μπορεί να γράψει, οι άλλες μόνο διαβάζουν
- Bits πρόσβασης
  - **R**ead, **W**rite, e**X**ecute
- Bit εγκυρότητας
  - **V**alid, **I**nvalid
- Σε περίπτωση μη επιτρεπόμενης πρόσβασης;
  - Trap! Εξαίρεση σελίδας – Page fault

Σελιδοποίηση – Προστασία (2)

Σελιδοποίηση – Προστασία (2)



Σελιδοποίηση – Προστασία (2)



- Ποιες σελίδες είναι κειμένου-κώδικα, ποιες δεδομένων;

Στον πραγματικό κόσμο

- Πόσο μεγάλος είναι ο πίνακας σελίδων;
- 32-bit εικονική διεύθυνση, μέγεθος σελίδας 4KB, 32-bit φυσική διεύθυνση:
  - 2^{32} / 4096 = 1048576 εγγραφές, 4MB ανά διεργασία…
- Και σε 64-bit μηχανήματα;
- Οι διεργασίες δεν χρησιμοποιούν το *σύνολο* του χώρου εικονικών διευθύνσεων
- Αποδοτικότερη οργάνωση πίνακα σελίδων
  - Ιεραρχική σελιδοποίηση
  - Κατακερματισμένοι πίνακες σελίδων
  - Ανεστραμμένοι πίνακες σελίδων

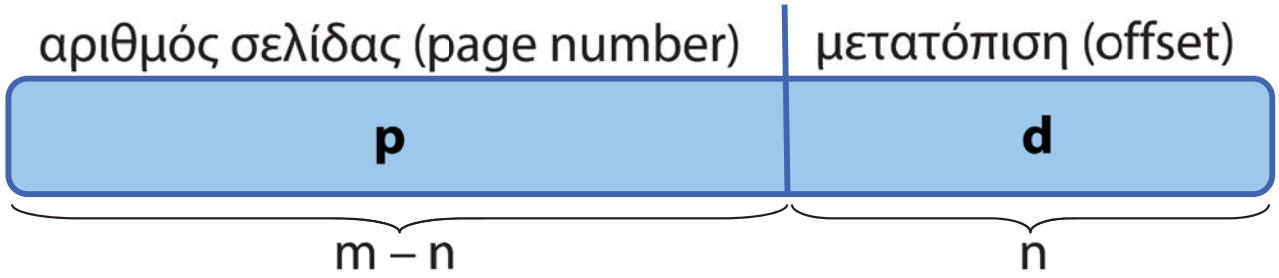
Ιεραρχική σελιδοποίηση

- Διαίρεση του χώρου λογικών διευθύνσεων σε περισσότερους πίνακες σελίδων

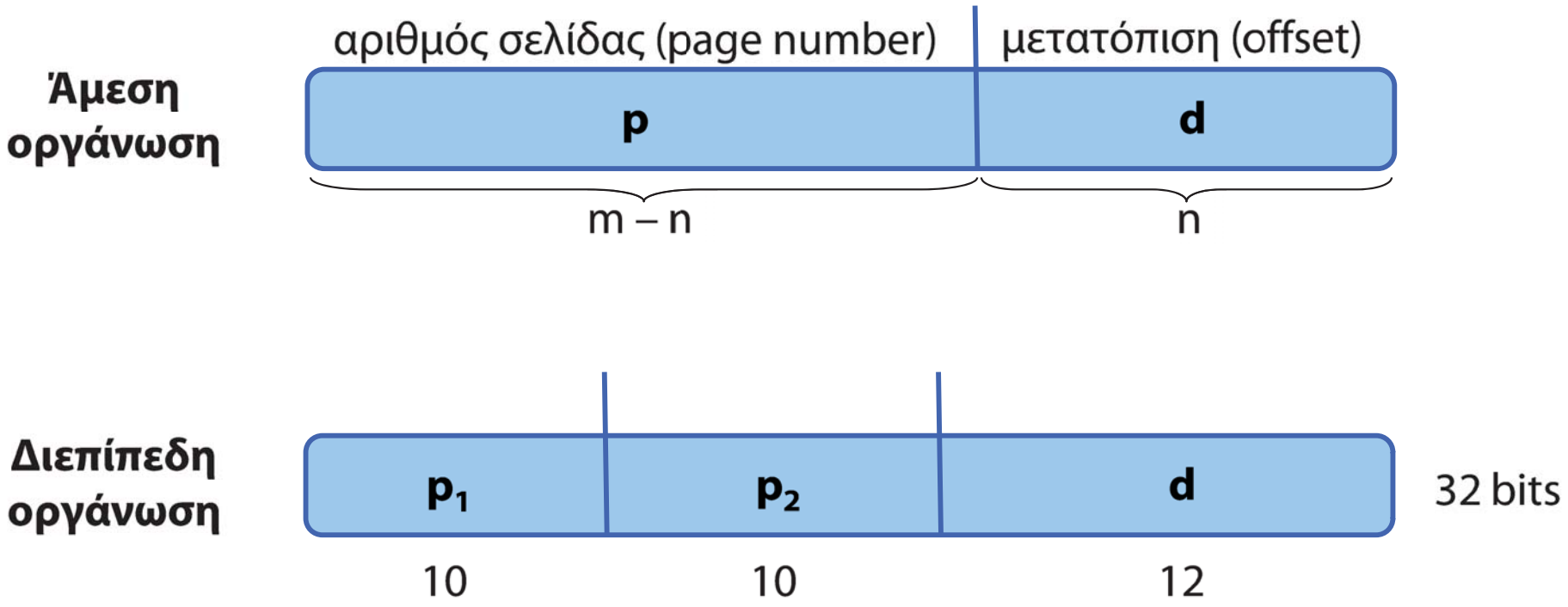
- Ιεραρχικά, π.χ. διεπίπεδη οργάνωση
  - Ο *ίδιος* ο πίνακας σελίδων *σελιδοποιείται*

Διεπίπεδη Σελιδοποίηση (1)

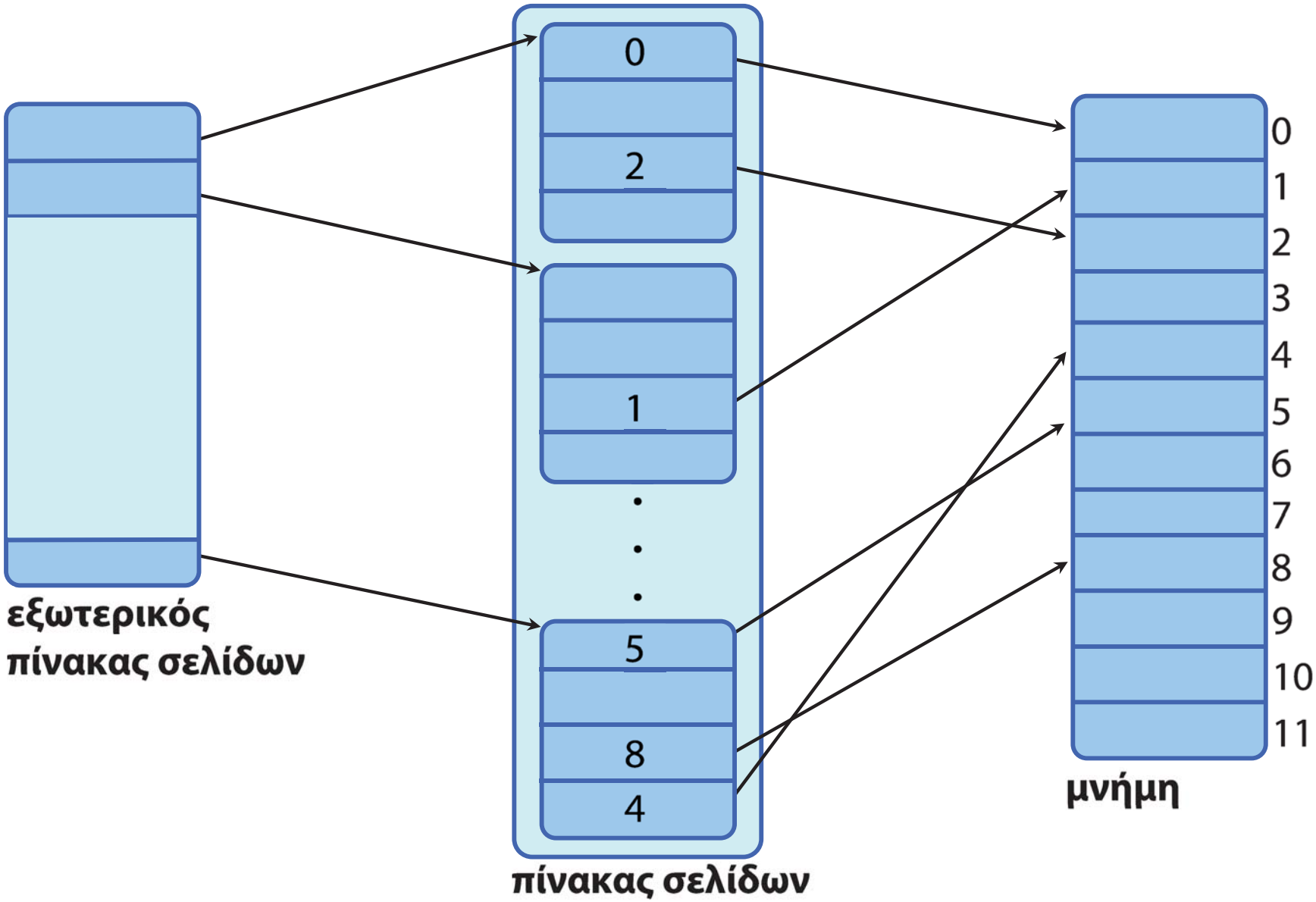
Άμεση οργάνωση



Διεπίπεδη Σελιδοποίηση (1)



Διεπίπεδη Σελιδοποίηση (2)



Διάσχιση σε διεπίπεδη οργάνωση

πλαίσιο μνήμης

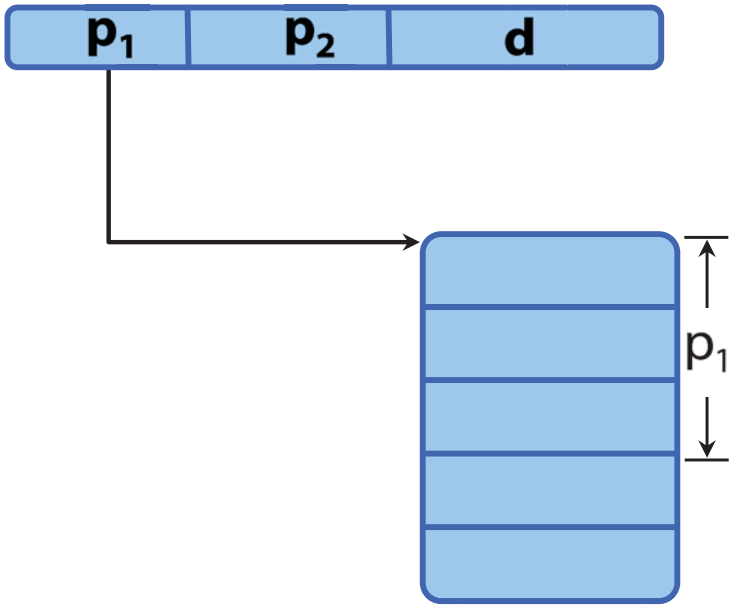
Διάσχιση σε διεπίπεδη οργάνωση

εξωτερικός
πίνακας σελίδων

σελίδα
πίνακα σελίδων

πλαίσιο μνήμης

Διάσχιση σε διεπίπεδη οργάνωση

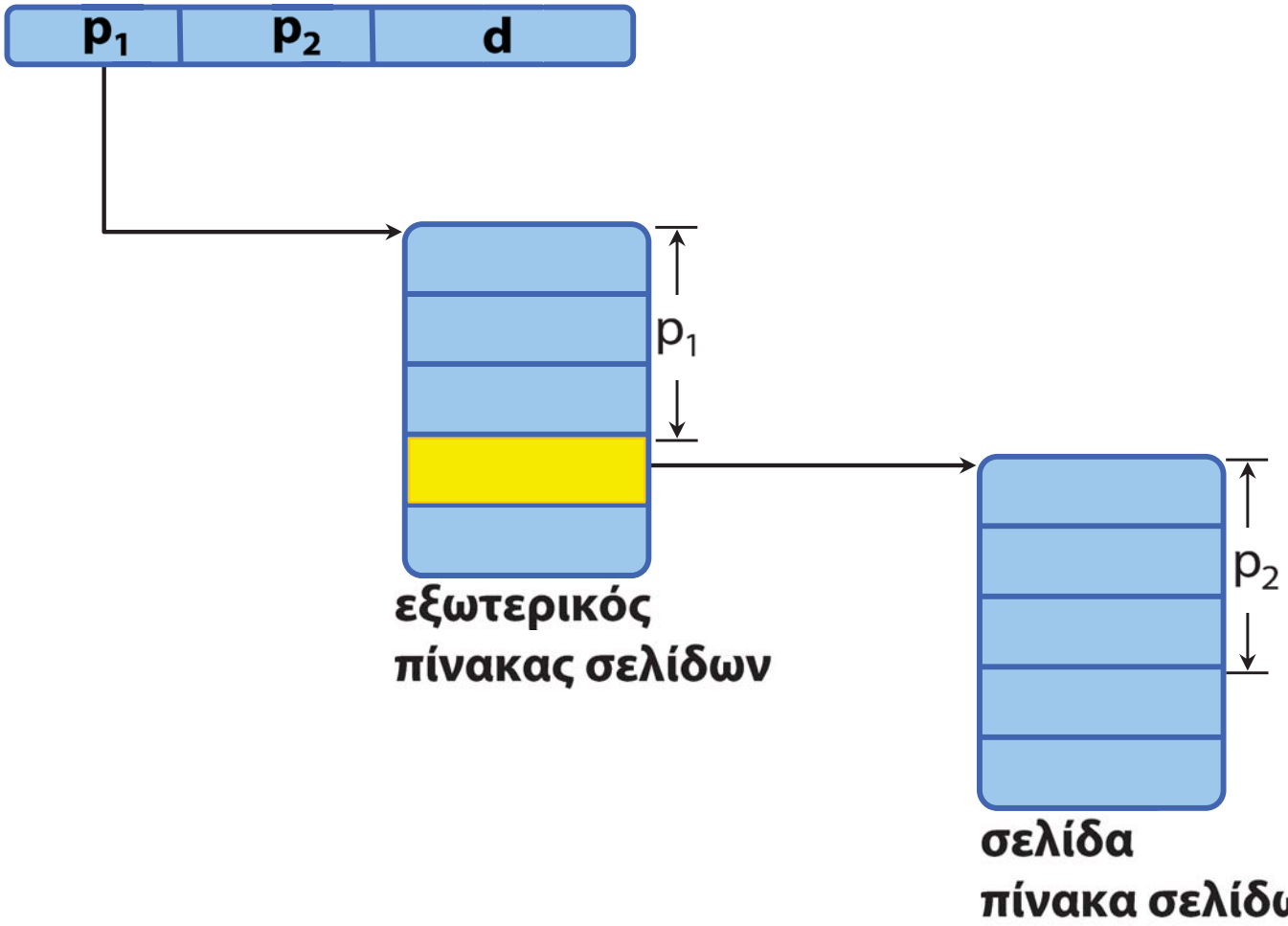


εξωτερικός
πίνακας σελίδων

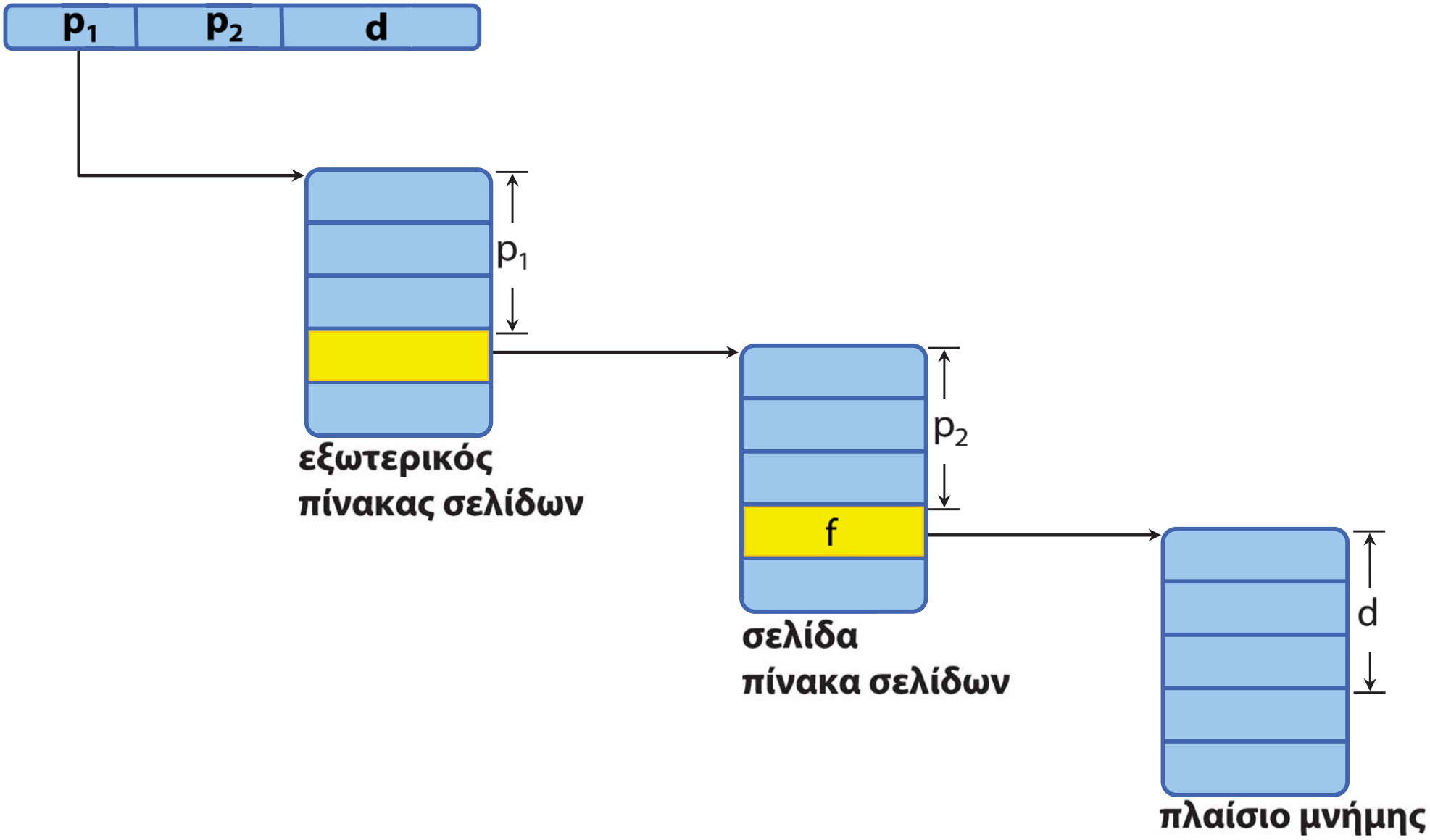
σελίδα
πίνακα σελίδων

πλαίσιο μνήμης

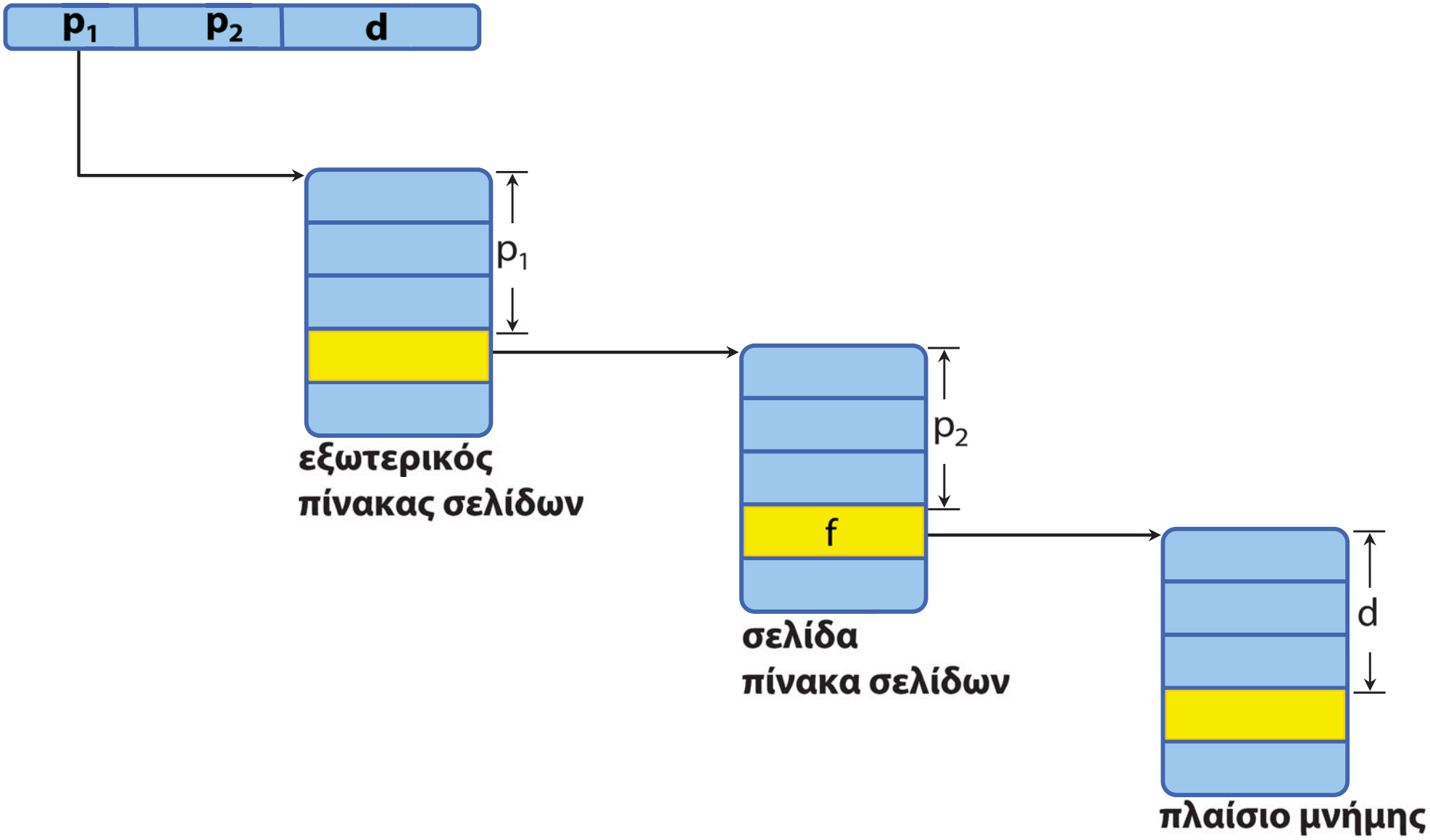
Διάσχιση σε διεπίπεδη οργάνωση



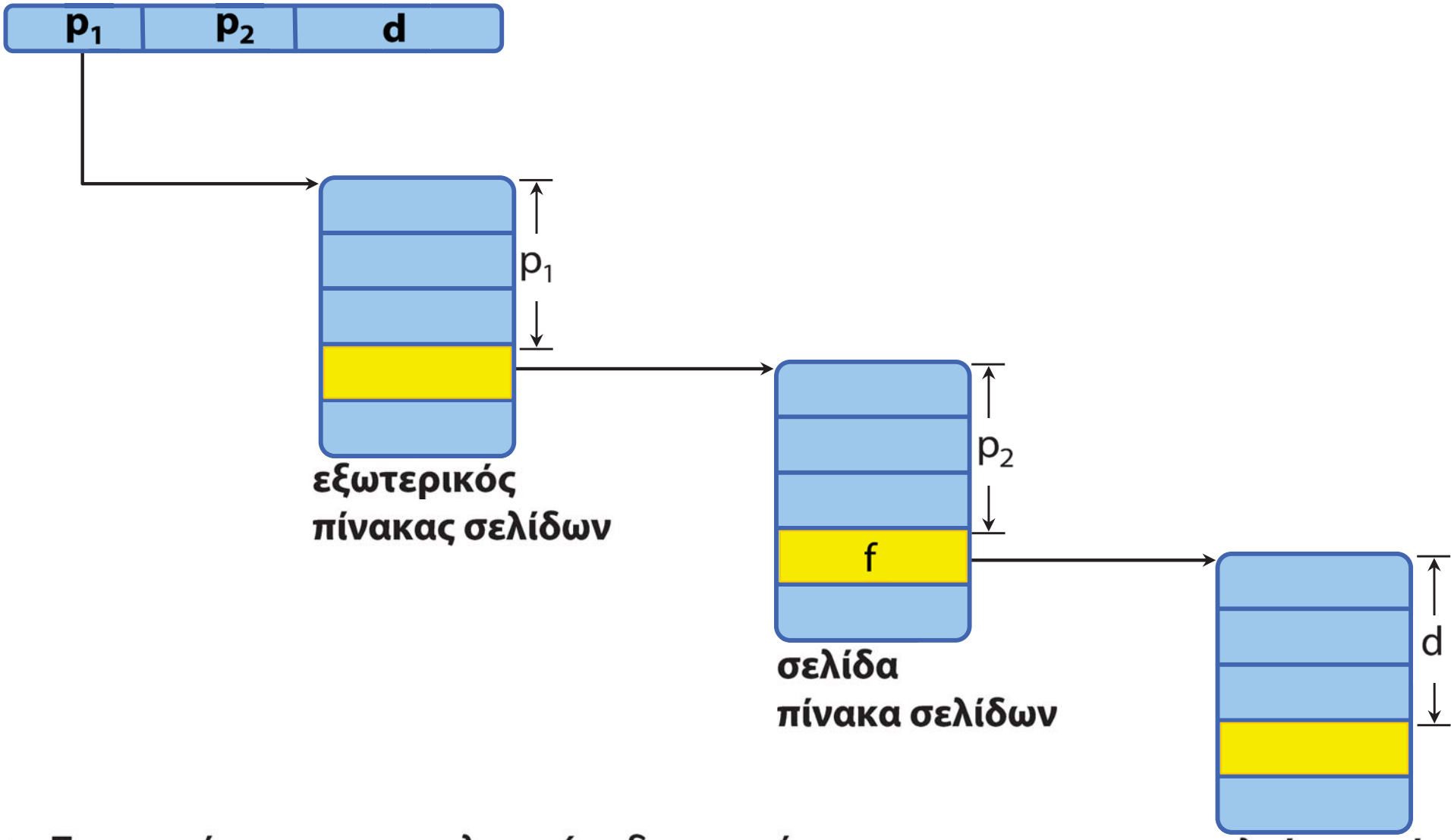
Διάσχιση σε διεπίπεδη οργάνωση



Διάσχιση σε διεπίπεδη οργάνωση

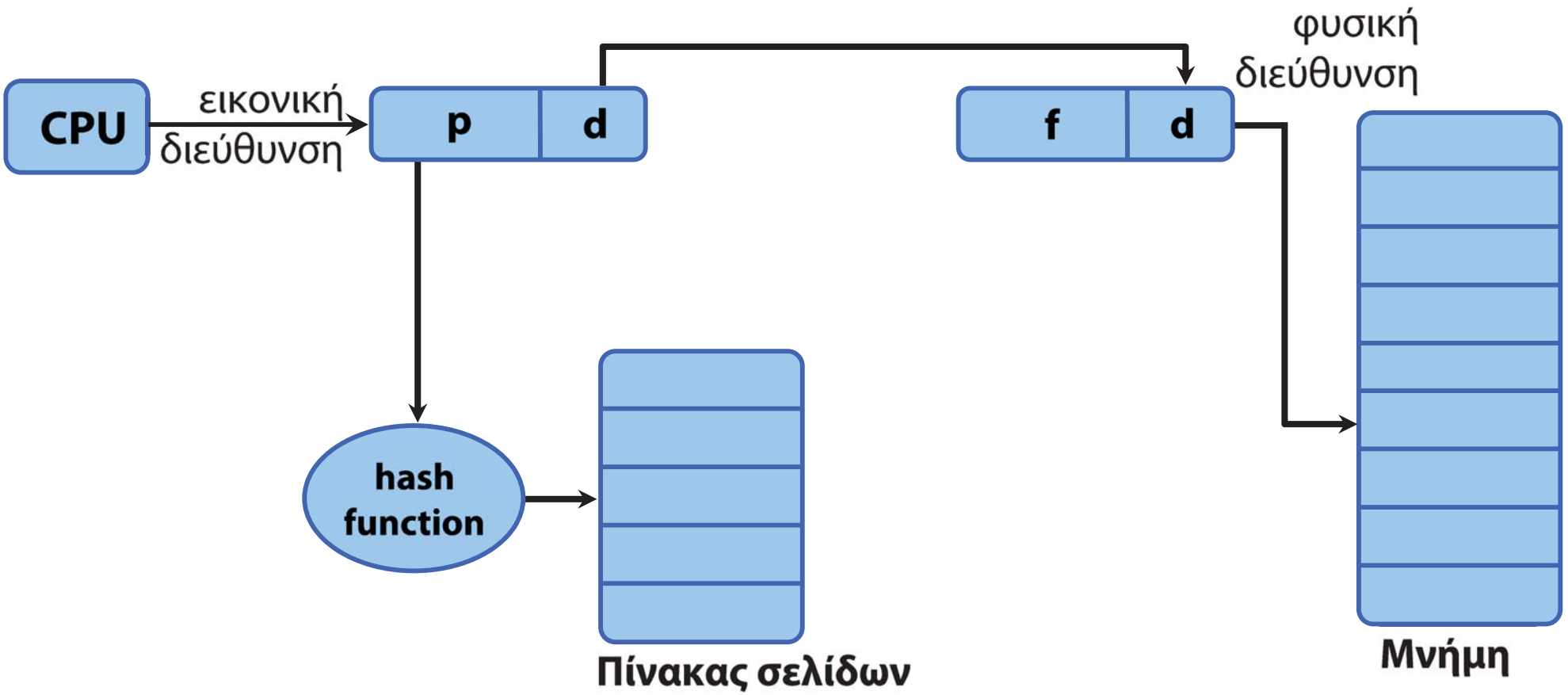


Διάσχιση σε διεπίπεδη οργάνωση



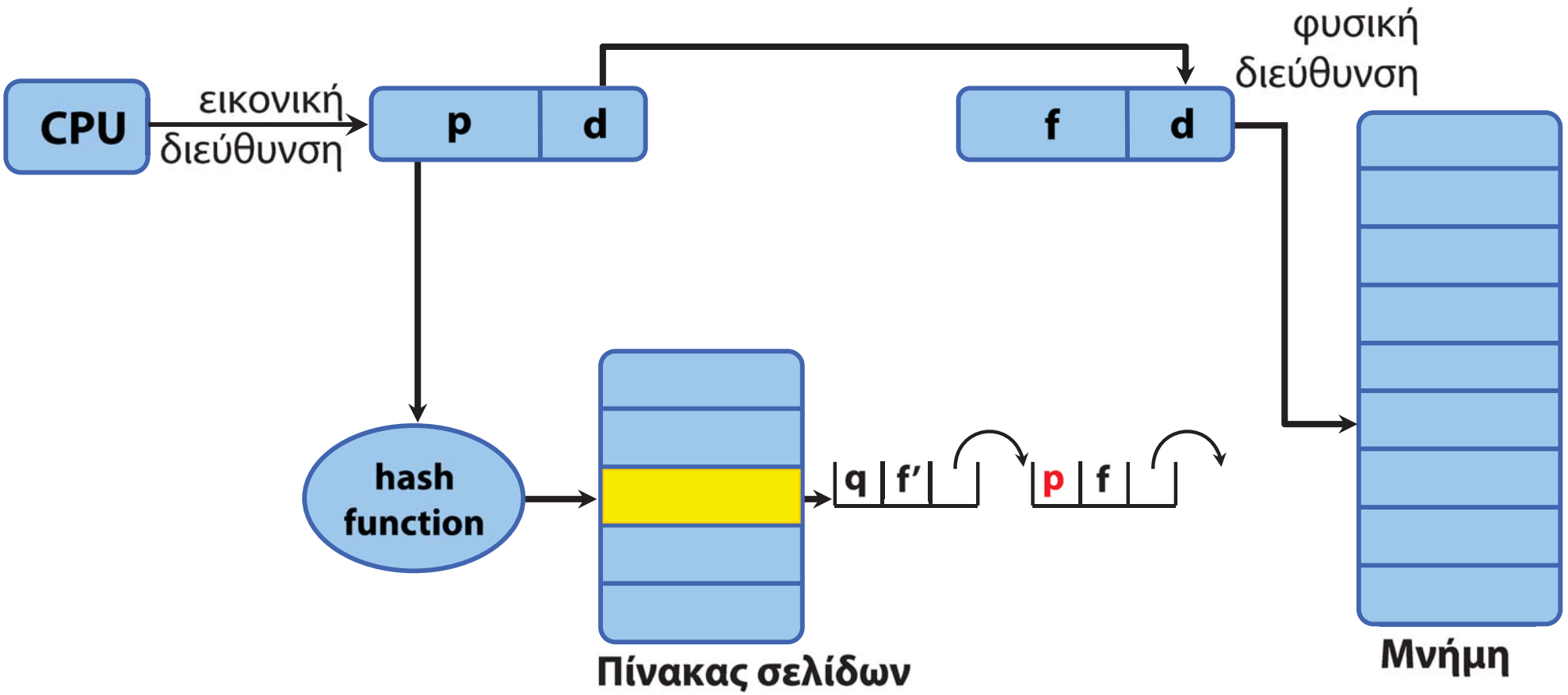
- Επεκτείνεται σε *πολυεπίπεδη* οργάνωση.

Κατακερματισμένοι πίνακες σελίδων



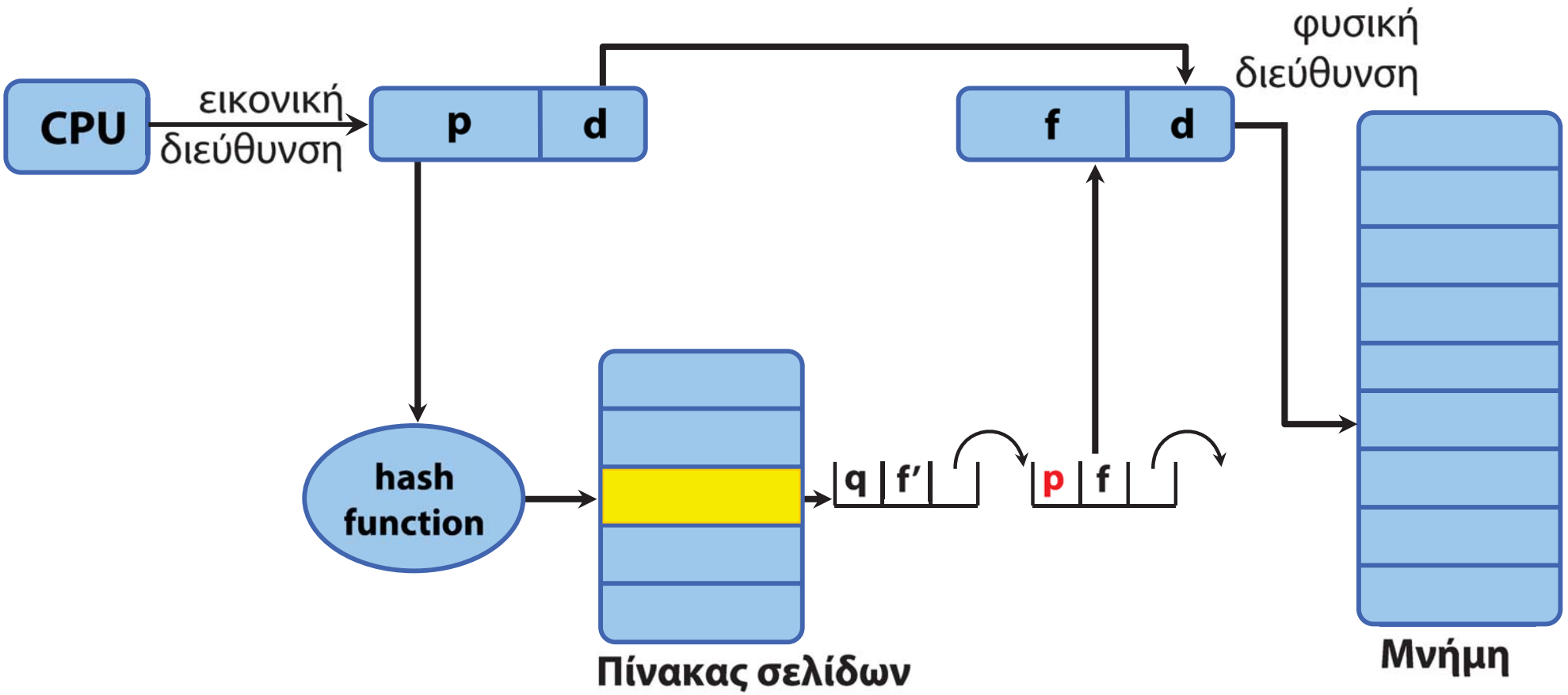
- Βολικοί για πολύ μεγάλους χώρους διευθύνσεων, π.χ. 64-bit
  - ➡ Solaris σε 64-bit UltraSPARC

Κατακερματισμένοι πίνακες σελίδων



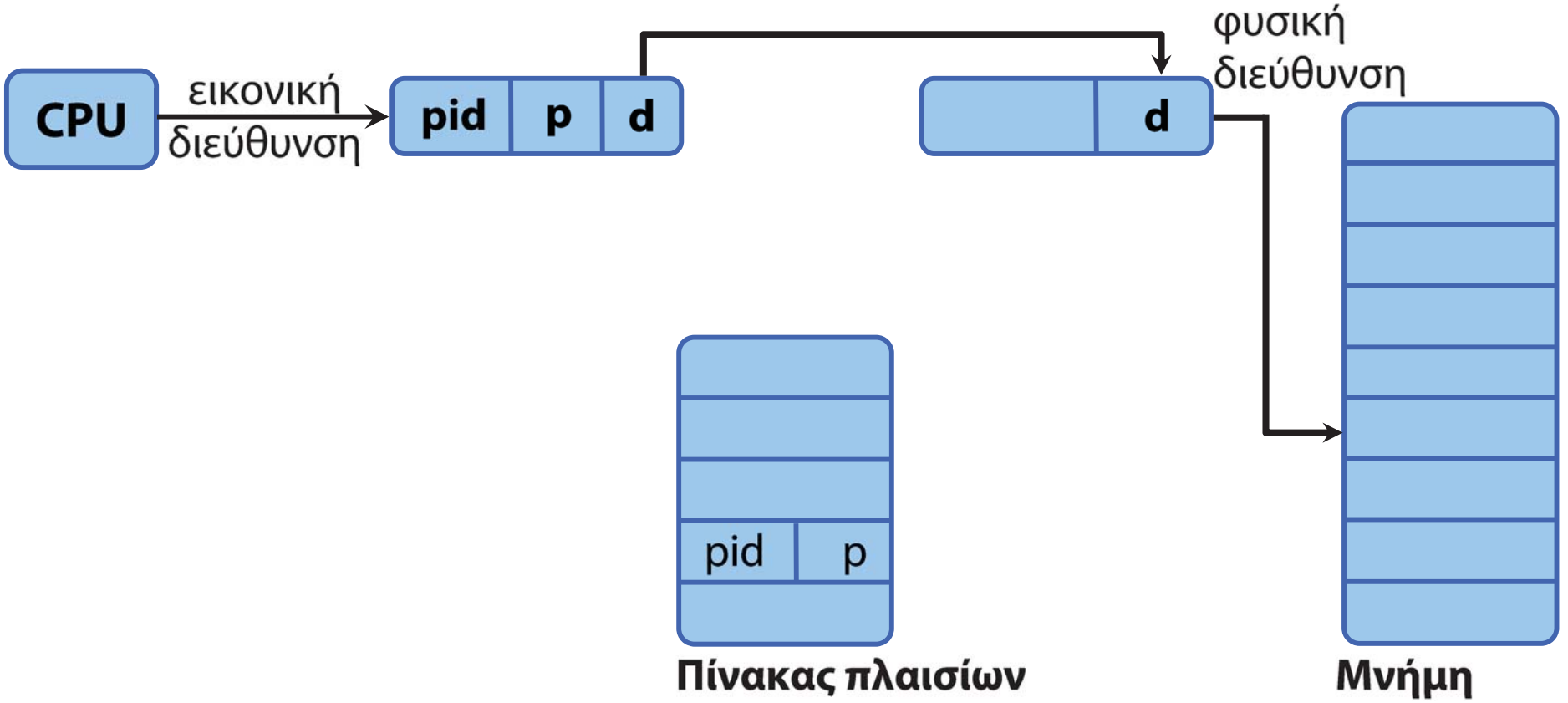
- Βολικοί για πολύ μεγάλους χώρους διευθύνσεων, π.χ. 64-bit
  - ➡ Solaris σε 64-bit UltraSPARC

Κατακερματισμένοι πίνακες σελίδων



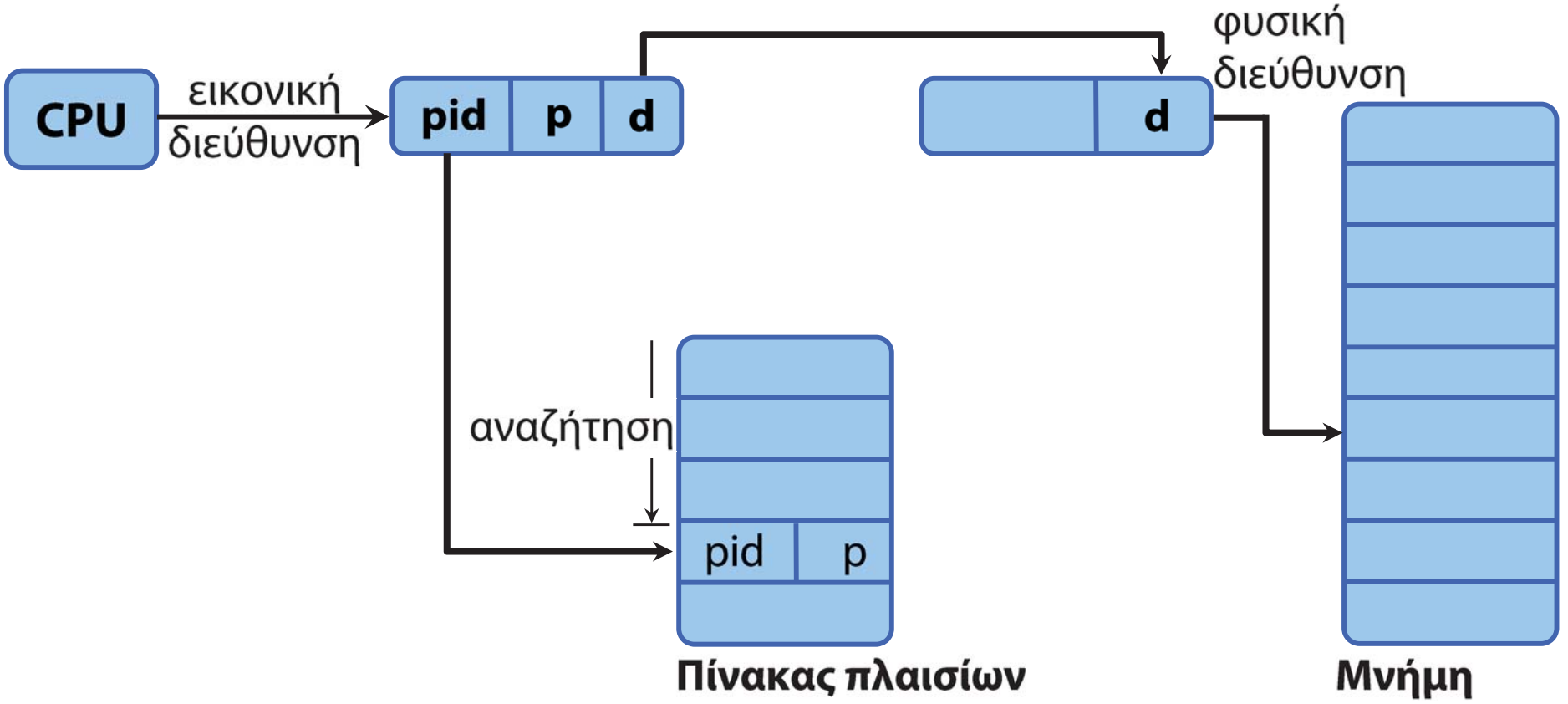
- Βολικοί για πολύ μεγάλους χώρους διευθύνσεων, π.χ. 64-bit
  - ➡ Solaris σε 64-bit UltraSPARC

Ανεστραμμένοι πίνακες σελίδων



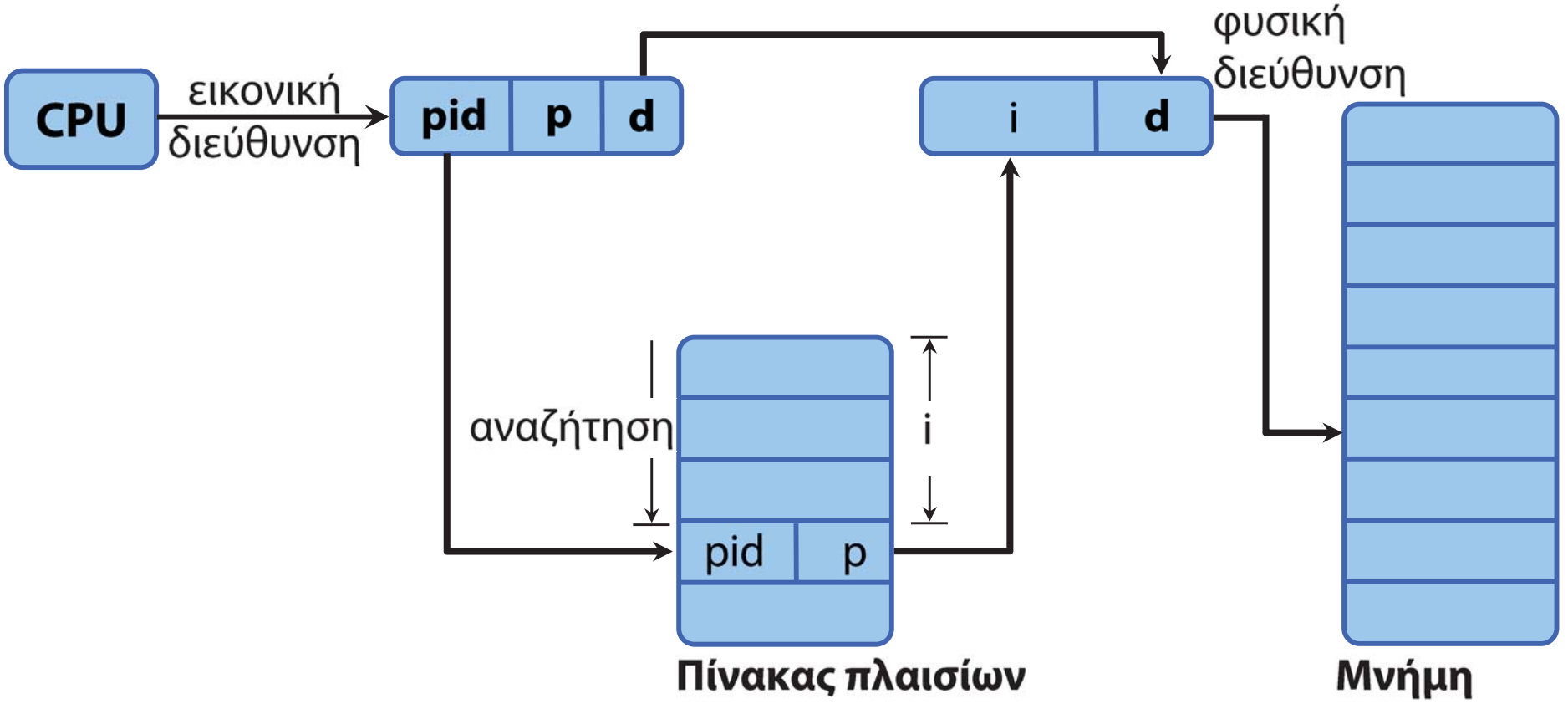
- Πίνακας *πλαισίων* αντί για πίνακας σελίδων
- Κρατάει την αντίστροφη πληροφορία, για κάθε πλαίσιο φυσικής μνήμης
  - αριθμός πλαισιου → { διεργασία, σελίδα }
- Ακριβή αναζήτηση στον πίνακα, μετριάζεται με πίνακες κατακερματισμού
  - TLB → hash table → πίνακας πλαισίων
- Μοιραζόμενη μνήμη;

Ανεστραμμένοι πίνακες σελίδων



- Πίνακας *πλαισίων* αντί για πίνακας σελίδων
- Κρατάει την αντίστροφη πληροφορία, για κάθε πλαίσιο φυσικής μνήμης
  - αριθμός πλαισιου → { διεργασία, σελίδα }
- Ακριβή αναζήτηση στον πίνακα, μετριάζεται με πίνακες κατακερματισμού
  - TLB → hash table → πίνακας πλαισίων
- Μοιραζόμενη μνήμη;

Ανεστραμμένοι πίνακες σελίδων

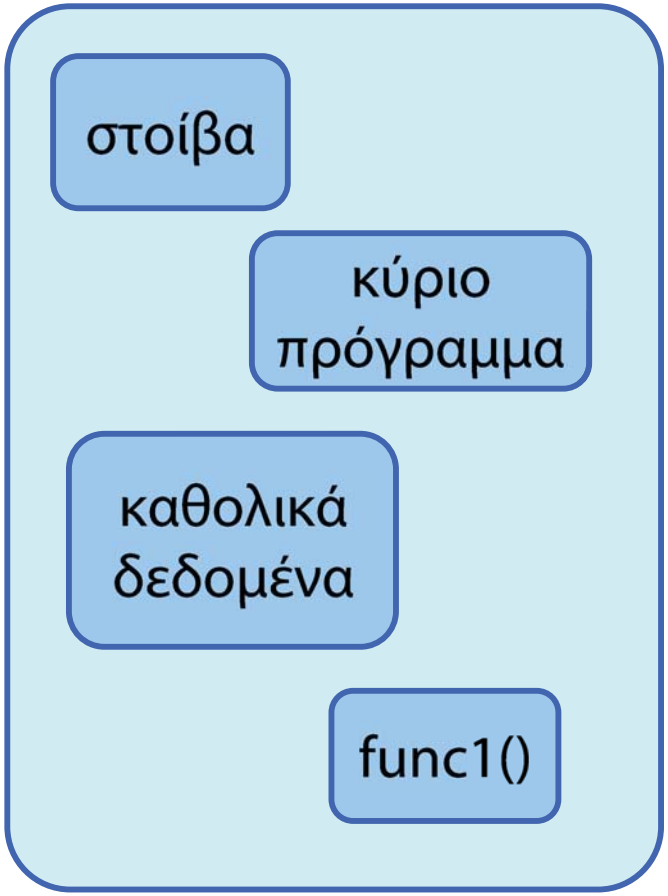


- Πίνακας *πλαισίων* αντί για πίνακας σελίδων
- Κρατάει την αντίστροφη πληροφορία, για κάθε πλαίσιο φυσικής μνήμης
  - αριθμός πλαισιου → { διεργασία, σελίδα }
- Ακριβή αναζήτηση στον πίνακα, μετριάζεται με πίνακες κατακερματισμού
  - TLB → hash table → πίνακας πλαισίων
- Μοιραζόμενη μνήμη;

Διαχείριση Κύριας Μνήμης - Σύνοψη

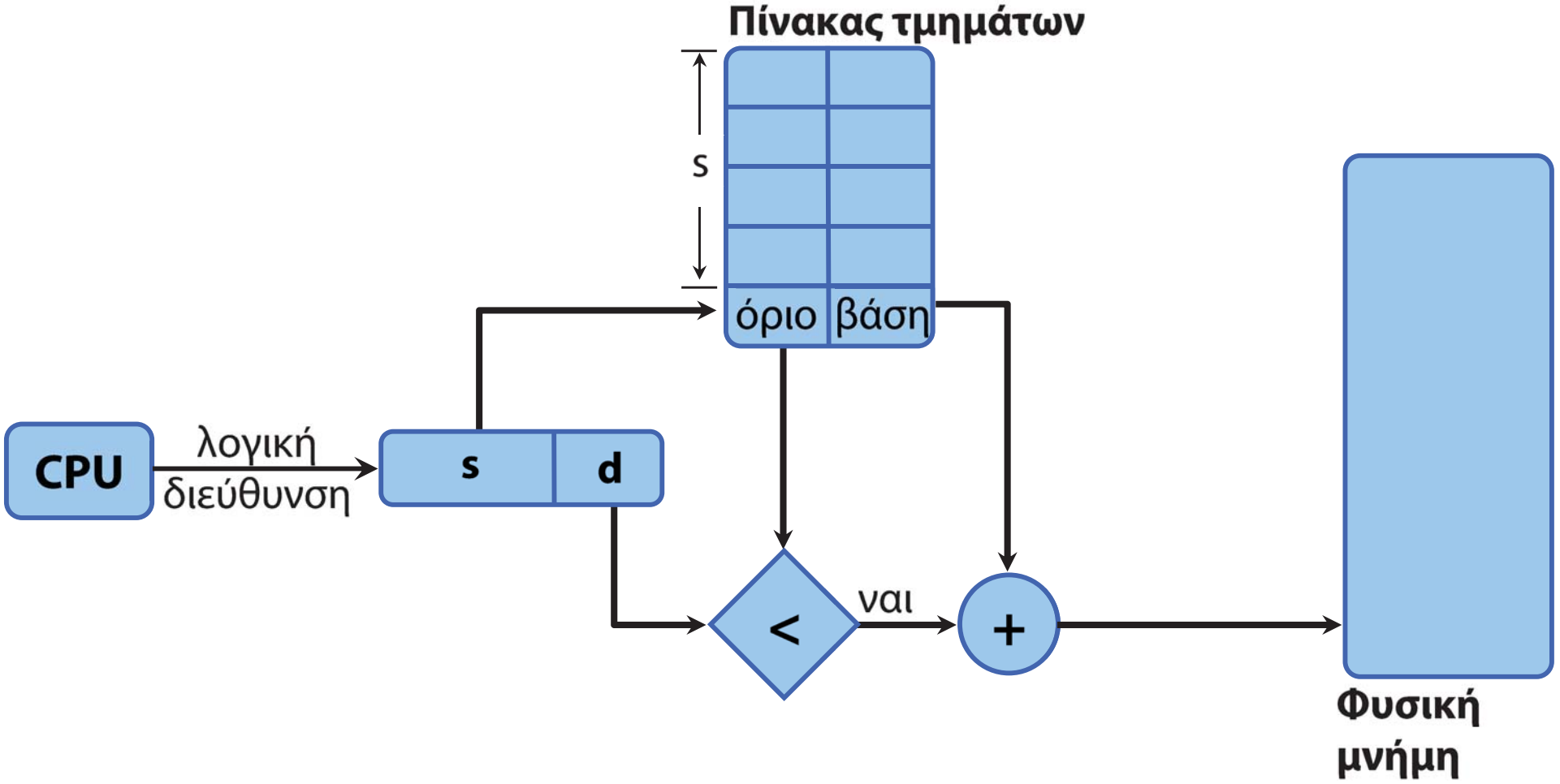
- Ιεραρχία μνήμης
- Μεταγλώττιση – φόρτωση – εκτέλεση κώδικα
- Καθορισμός διευθύνσεων
- Εναλλαγή διεργασιών
- Συνεχόμενη ανάθεση μνήμης
  - Στρατηγικές κατανομής, κατακερματισμός
- Σελιδοποίηση
  - Μετάφραση διευθύνσεων, πίνακες σελίδων, TLBs
  - Οργάνωση πινάκων σελίδων
- Κατάτμηση

Κατάτμηση – Segmentation (1)



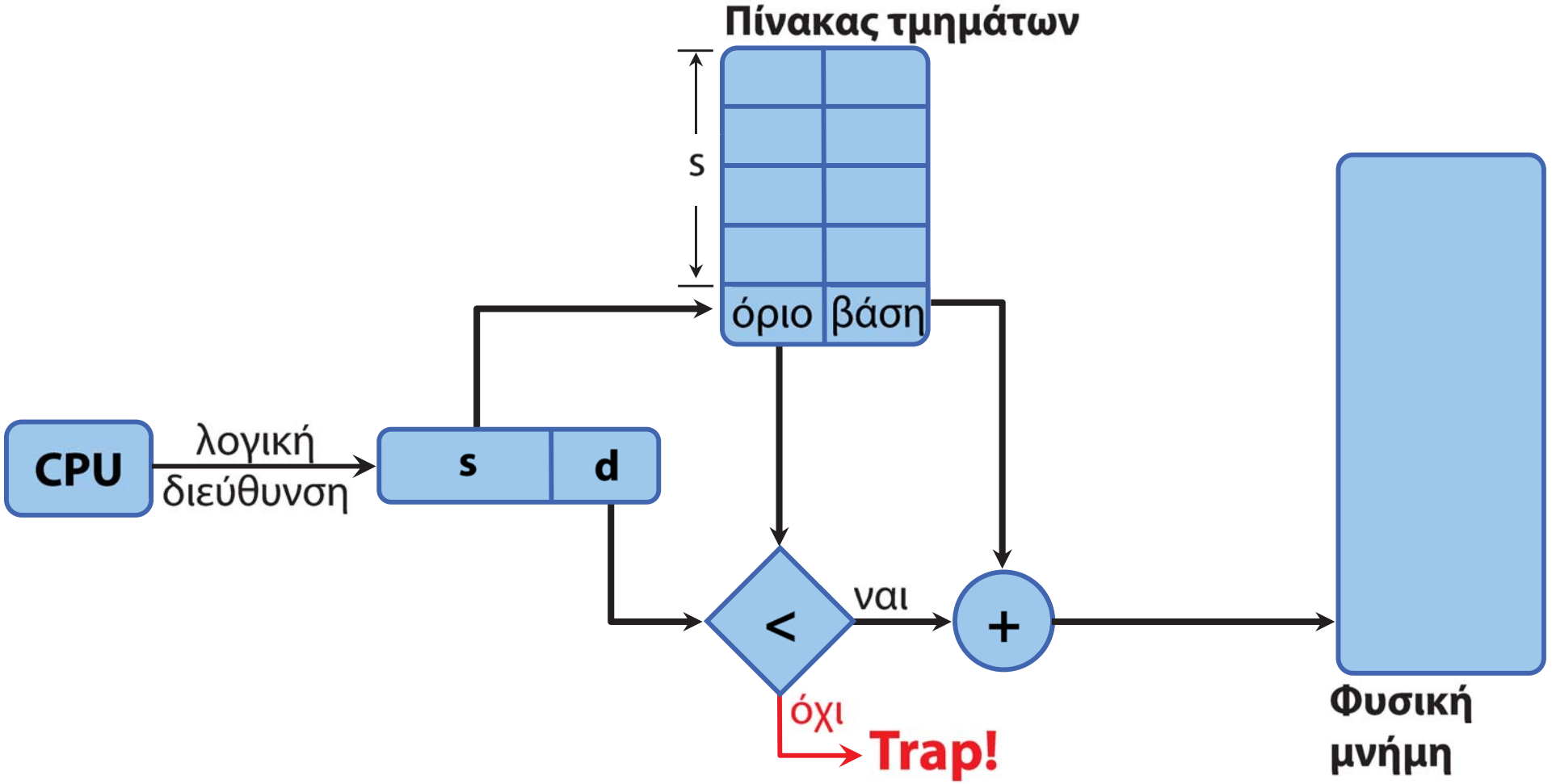
- Χωριστά, αριθμημένα, τμήματα μνήμης
- Κάθε λογική διεύθυνση είναι ένα ζεύγος **{ s, d }**
- Το ΛΣ διαχειρίζεται τμήματα: { βάση τμήματος, όριο τμήματος }

Κατάτμηση – Segmentation (2)



- Μπορεί να συνδυαστεί και με σελιδοποίηση (Intel x86)
  - στην πράξη (Linux σε i386) προτιμάται ένας ενιαίος, γραμμικός χώρος

Κατάτμηση – Segmentation (2)



- Μπορεί να συνδυαστεί και με σελιδοποίηση (Intel x86)
  - στην πράξη (Linux σε i386) προτιμάται ένας ενιαίος, γραμμικός χώρος