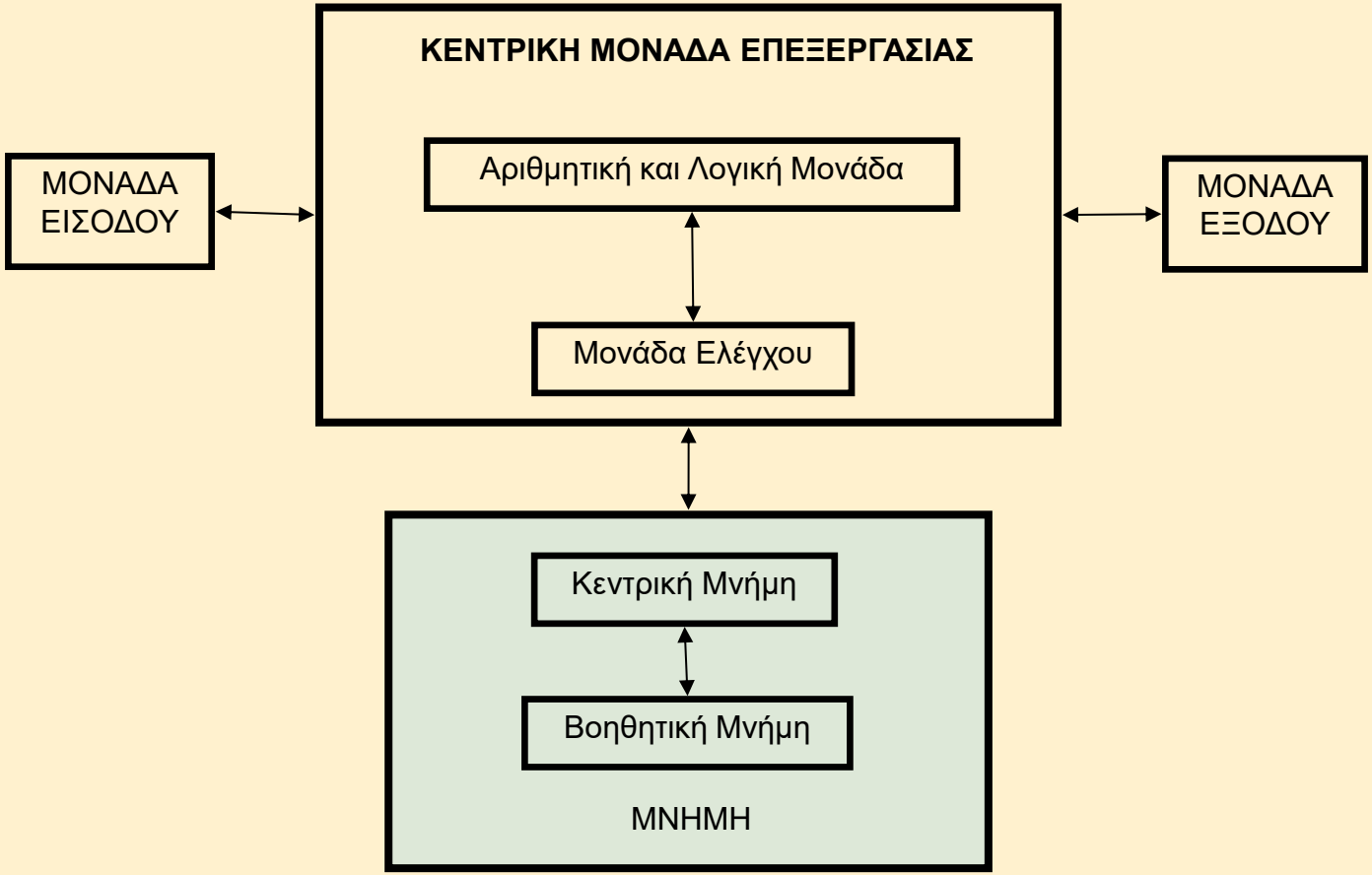
ΜΝΗΜΕΣ

Εισαγωγή στη Μνήμη Υπολογιστή

Μνήμη = τεχνολογίες που χρησιμεύουν στην αποθήκευση δεδομένων και προγραμμάτων



Κύρια και Βοηθητική Μνήμη

- Η **Κύρια Μνήμη** (RAM, ROM, Cache, Virtual Memory)

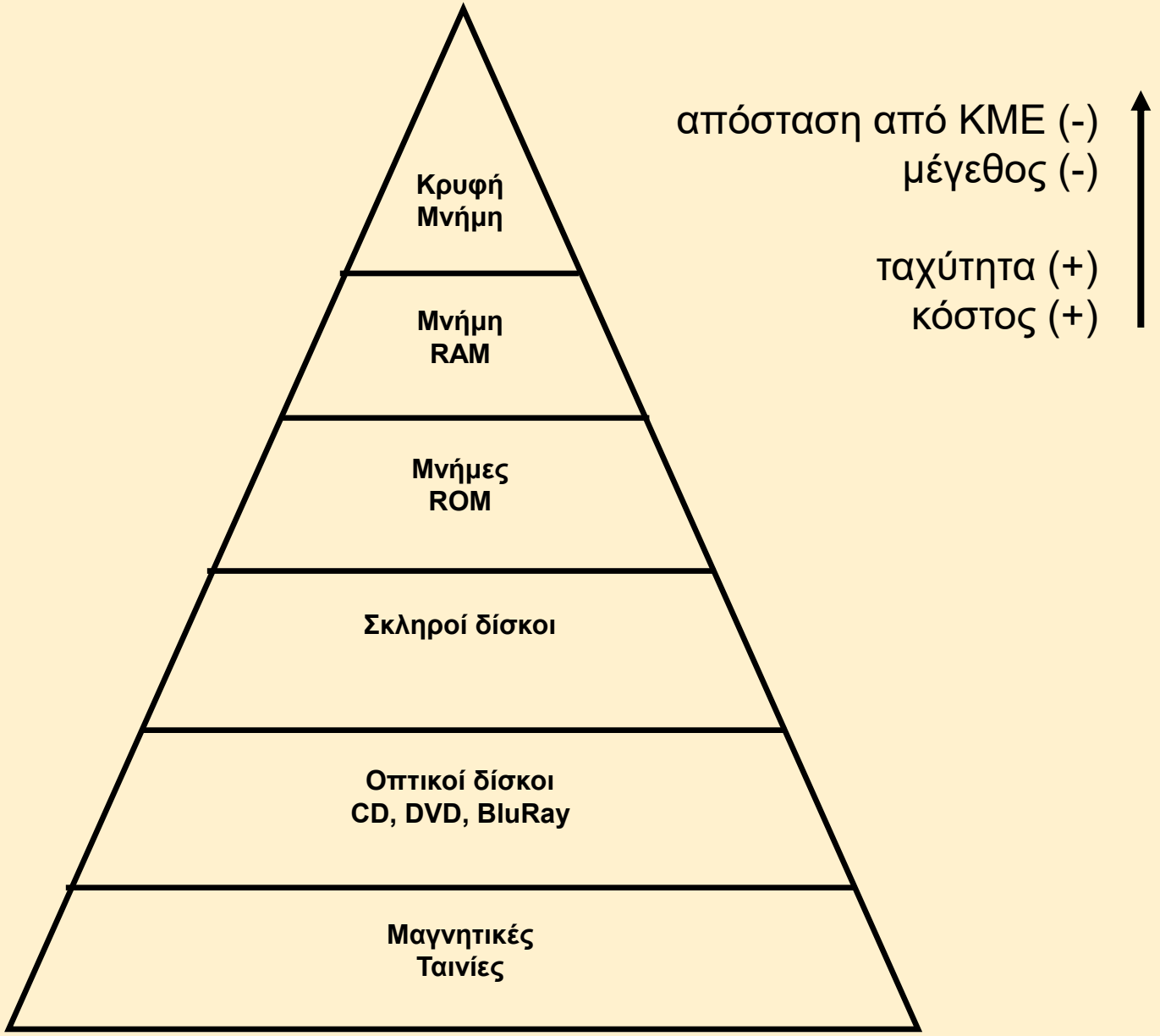
  Υπεύθυνη για:

  - Οργάνωση της μνήμης
  - Διευθυνσιοδότηση της μνήμης
- Η **Βοηθητική Μνήμη**
  - Μαγνητικές και Οπτικές Μνήμες
  - Σκληροί Δίσκοι
  - Μαγνητικές Ταινίες
  - CD, DVD, BluRay Disks

Κύρια και Βοηθητική Μνήμη

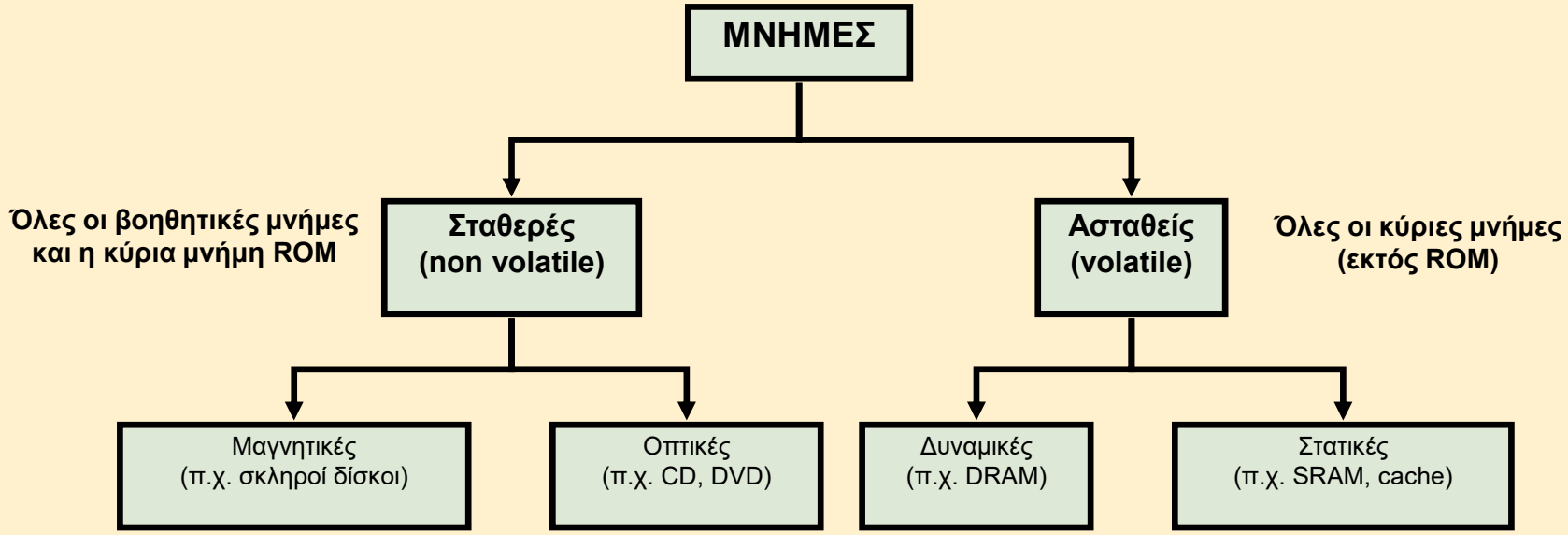
- **Κύρια μνήμη**
  - Βρίσκεται εντός του υπολογιστικού συστήματος (στη μητρική πλακέτα)
  - Συνεργάζεται με την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας
  - “Θυμάται” όσο λειτουργεί ο υπολογιστής
  - π.χ. **RAM**, **ROM**, **κρυφή μνήμη (cache)** **...**
- **Βοηθητική μνήμη**
  - Βρίσκεται εντός και εκτός του υπολογιστικού συστήματος
  - “Θυμάται” και αφού κλείσει ο υπολογιστής
  - π.χ. **σκληροί δίσκοι**, **δίσκοι CD και DVD ...**
- **Γιατί χρειαζόμαστε τη Βοηθητική μνήμη;**
  1. **Οικονομικός τρόπος αποθήκευσης μεγάλου όγκου** δεδομένων (η κύρια μνήμη είναι ακριβή και άρα μικρής χωρητικότητας)
  2. **Μόνιμη αποθήκευση** δεδομένων (η κύρια μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν πάψει η τροφοδοσία της με ηλεκτρικό ρεύμα)

Ιεραρχία μνημών



Είδη Κύριων και Βοηθητικών Μνημών

- 2 βασικά είδη μνήμης ανάλογα με το **αν μπορούν να διατηρούν τα περιεχόμενα τους μόνιμα** (δηλαδή όταν δεν τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα)
- οι **Σταθερές** και οι **Ασταθείς** μνήμες



Σταθερές Μνήμες

- Οι **Σταθερές μνήμες** (*non volatile storage*) είναι σε θέση να κρατήσουν αποθηκευμένα τα περιεχόμενα τους μόνιμα
  - Βοηθητικές μνήμες
  - Από κύρια μνήμη μόνο η ROM (χρησιμεύει στην φόρτωση του λειτουργικού συστήματος κατά την εκκίνηση του υπολογιστή)
- **Μαγνητικές Μνήμες** (π.χ. σκληροί δίσκοι, εύκαμπτοι δίσκοι, μαγνητικές ταινίες)
  - Η λειτουργία τους στηρίζεται στη μαγνήτιση επιστρωμένων περιοχών μέσω ενός ηλεκτροφόρου αγωγού
  - Η φορά (δεξιόστροφα και αριστερόστροφα) της μαγνήτισης αντιπροσωπεύει το 0 ή το 1
  - Η μαγνήτιση είναι μόνιμη
- **Οπτικές Μνήμες** (π.χ. CD, DVD)
  - Η λειτουργία τους στηρίζεται στην παραμόρφωση μέσω θερμότητας («κάψιμο») επιστρωμένων περιοχών μέσω ακτίνας λέιζερ
  - Η παρουσία ή η απουσία παραμόρφωσης αντιπροσωπεύει το 0 ή 1
  - Η παραμόρφωση είναι μόνιμη

Ασταθείς Μνήμες

- Οι **Ασταθείς μνήμες** (*volatile storage*) απαιτούν συνεχή τροφοδότηση με ρεύμα προκειμένου να μην μεταβληθούν/ σβηστούν τα περιεχόμενά τους
  - Όλα τα είδη κύριας μνήμης εκτός από τη ROM
- **Δυναμική μνήμη (dynamic memory)**
  - **DRAM (Dynamic RAM)**
- **Στατική μνήμη (static memory)**
  - **SRAM (Static RAM)**

Κύρια Μνήμη – Βασικές Λειτουργίες

Η κύρια μνήμη μας δίνει τη δυνατότητα να εκτελέσουμε τρεις βασικές λειτουργίες:

- Την **καταχώρηση δεδομένων** τα οποία εισάγονται προς επεξεργασία στο υπολογιστικό σύστημα
- Την **καταχώρηση αποτελεσμάτων** που προκύπτουν από την επεξεργασία των αποθηκευμένων δεδομένων
- Την **καταχώρηση ακολουθιών πράξεων, δηλαδή προγραμμάτων**, οι οποίες θα εκτελεστούν επί των αποθηκευμένων δεδομένων

Οργάνωση της Κύριας Μνήμης

- Το στοιχείο που αποθηκεύουμε στη μνήμη είναι το **bit** (**b**inary dig**it** , δυαδικό ψηφίο) και παίρνει τιμές 0 ή 1
- Η μνήμη είναι χωρισμένη σε κελιά των **8 bits = 1 Byte (ψηφιοσυλλαβή)**
- Το **Byte** αποτελεί την **μονάδα μέτρησης χωρητικότητας** των μνημών των υπολογιστικών συστημάτων (κύριες και βοηθητικές)

Όνομα	Σύμβολο	Κατά προσέγγιση μέγεθος	Ακριβές μέγεθος
Kilobyte	Kb	1.000 Bytes	2^{10} = 1.024 Bytes
Megabyte	Mb	1 εκατομμύριο Bytes	2^{20} = 1.048.576 Bytes
Gigabyte	Gb	1 δισεκατομμύριο Bytes	2^{30} = 1.073.741.824 Bytes
Terabyte	Tb	1 τρισεκατομμύριο Bytes	2^{40} = 1.099.511.627.776 Bytes
Petabyte	Pb	1 τετρακισεκατομμύριο Bytes	2^{50} = 1.125.899.906.842.624 Bytes

Χώρος διευθύνσεων

- Για την προσπέλαση μιας λέξης στη μνήμη χρειάζεται ένα **αναγνωριστικό**
- Αν και οι προγραμματιστές χρησιμοποιούν ονόματα για τον προσδιορισμό των λέξεων (ή συλλογών από λέξεις), σε επίπεδο υλικού κάθε λέξη προσδιορίζεται από μια **διεύθυνση**
- Ο συνολικός αριθμός των μοναδικά προσδιορίσιμων θέσεων στη μνήμη ονομάζεται **χώρος διευθύνσεων (address space)**
- Για παράδειγμα, μια μνήμη 64 kilobyte με μέγεθος λέξης 1 byte διαθέτει χώρο διευθύνσεων με εύρος από 0 έως 65.535

Διευθυνσιοδότηση της μνήμης (1)

- Κάθε κελί της μνήμης έχει ένα **μοναδικό αναγνωριστικό** (**διεύθυνση**) με το οποίο να αναφερόμαστε στο κελί αυτό
- Η **διεύθυνση** μας υποδεικνύει το κελί που θέλουμε να προσπελάσουμε (ανάγνωση/εγγραφή δεδομένων)
- Οι διευθύνσεις των κελιών είναι **συνεχόμενοι δυαδικοί αριθμοί**
  - Απο το 0 (για το πρώτο κελί της μνήμης) μέχρι το N-1 (όπου N ο αριθμός των bytes της μνήμης)
  - π.χ. σε μια μνήμη μεγέθους 1 Kb (1.024 bytes), οι διευθύνσεις των κελιών της είναι 0, 1, 2, ... 1.023
- Ο αριθμός των δυαδικών ψηφίων της διεύθυνσης ονομάζεται **μήκος** διεύθυνσης
  - Προσδιορίζει το μέγιστο αριθμό κελιών που μπορεί να έχει μια μνήμη.
  - Για μήκος διεύθυνσης = **k**, τότε μέγιστο πλήθος θέσεων μνήμης = $\mathbf{2^k}$
  - π.χ. Η **διεύθυνση 00101110** έχει **μήκος 8 ψηφία** άρα η μηχανή που την χρησιμοποιεί έχει το πολύ $\mathbf{2^8}$**=256 θέσεις μνήμης**

Διευθυνσιοδότηση της μνήμης (2)

- Κάθε θέση μνήμης (κελί) χαρακτηρίζεται από δυο δυαδικούς αριθμούς
  - τη **διεύθυνση**
  - τα **περιεχόμενα**

    (οι αριθμοί αυτοί δεν έχουν νοηματική σχέση μεταξύ τους)
- Αν θέλαμε να έχουμε μεγαλύτερη μνήμη, θα έπρεπε να έχουμε ένα υπολογιστή με μεγαλύτερο μήκος διεύθυνσης

Διεύθυνση Κελιού	Περιεχόμενα Κελιού
00 00	01 10 11 11
00 01	00 00 00 00
00 10	11 11 11 11
00 11	10 00 00 00
...	...
11 01	10 10 10 10
11 10	01 01 01 01
11 11	11 11 11 10
?? ??	

Χώρος διευθύνσεων

- Για την προσπέλαση μιας λέξης στη μνήμη χρειάζεται ένα **αναγνωριστικό**
- Αν και οι προγραμματιστές χρησιμοποιούν ονόματα για τον προσδιορισμό των λέξεων (ή συλλογών από λέξεις), σε επίπεδο υλικού κάθε λέξη προσδιορίζεται από μια **διεύθυνση**
- Ο συνολικός αριθμός των μοναδικά προσδιορίσιμων θέσεων στη μνήμη ονομάζεται **χώρος διευθύνσεων (address space)**
- Για παράδειγμα, μια μνήμη 64 kilobyte με μέγεθος λέξης 1 Byte διαθέτει χώρο διευθύνσεων με εύρος από 0 έως 65.535

Τύποι μνήμης

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μνήμης: η **RAM** και η **ROM**.

Μνήμη τυχαίας προσπέλασης (RAM)

- Στατική RAM (**SRAM**)
- Δυναμική RAM (**DRAM**)

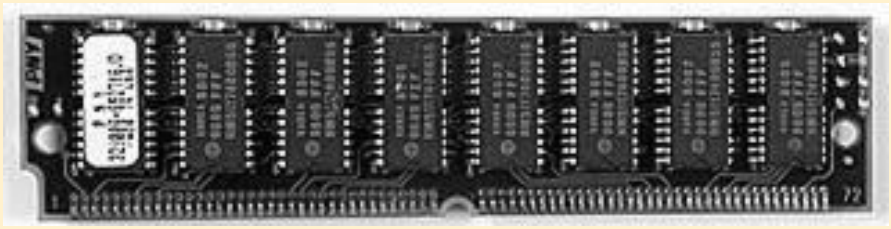
Μνήμη μόνο για ανάγνωση (ROM)

- Προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση (**PROM**)
- Διαγράψιμη προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση (**EPROM**)
- Ηλεκτρικά διαγράψιμη προγραμματιζόμενη μνήμη μόνο για ανάγνωση (**EEPROM**)

Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης (RAM)

Η μνήμη **RAM** (**R**andom **A**ccess **M**emory) αποτελεί την **κύρια μνήμη** του υπολογιστή

- η RAM είναι **μνήμη τυχαίας προσπέλασης** (ο χρόνος προσπέλασης ενός δεδομένου δεν εξαρτάται από τη φυσική θέση του δεδομένου στη μνήμη)
- η RAM είναι **μνήμη ανάγνωσης/ εγγραφής**
- η RAM είναι **ασταθής μνήμη**
- τυπική χωρητικότητα της RAM είναι στα 1-16 Gb



Κύρια Μνήμη: RAM και ROM

- Η **Κύρια Μνήμη** αναφέρεται και ως **RAM (Random-Access Memory, Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης),** γιατί επιτρέπει να προσπελάζουμε τις λέξεις της με οποιαδήποτε σειρά.
- Αυτό γιατί η **κάθε λέξη στη Κύρια Μνήμη συνδέεται με μια ξεχωριστή διεύθυνση!** → Στη Δευτερεύουσα Μνήμη (Π.χ. Στον Σκληρό Δίσκο) αυτό δεν ισχύει.
- Λέμε επίσης ότι **είναι πτητική**, γιατί **τα περιεχόμενά της χάνονται όταν διακοπεί το ρεύμα**.
- Επομένως η RAM χρησιμεύει **μόνο για την προσωρινή αποθήκευση εντολών και δεδομένων**, όσο υφίσταται η επεξεργασία. → Την μόνιμη αποθήκευση εξυπηρετεί η Δευτερεύουσα Μνήμη

Μνήμη Ανάγνωσης Μόνο (ROM)

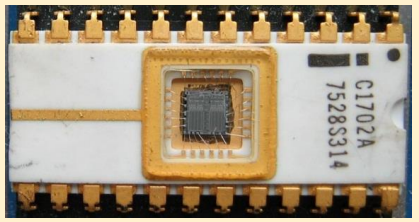
- Η μνήμη **ROM** (**R**ead **O**nly **M**emory) αποτελεί μέρος της **κύριας μνήμης** του υπολογιστή μας
  - η ROM είναι **μνήμη τυχαίας προσπέλασης**
  - η ROM είναι **μνήμη ανάγνωσης/ εγγραφής**
  - τυπική χωρητικότητα της ROM είναι στα 8-32 Mb
- η μνήμη ROM αναλαμβάνει τη **διαδικασία εκκίνησης** του **υπολογιστή** (**boot**) που είναι μόνιμα αποθηκευμένη σε αυτή

Κύρια Μνήμη: RAM και ROM

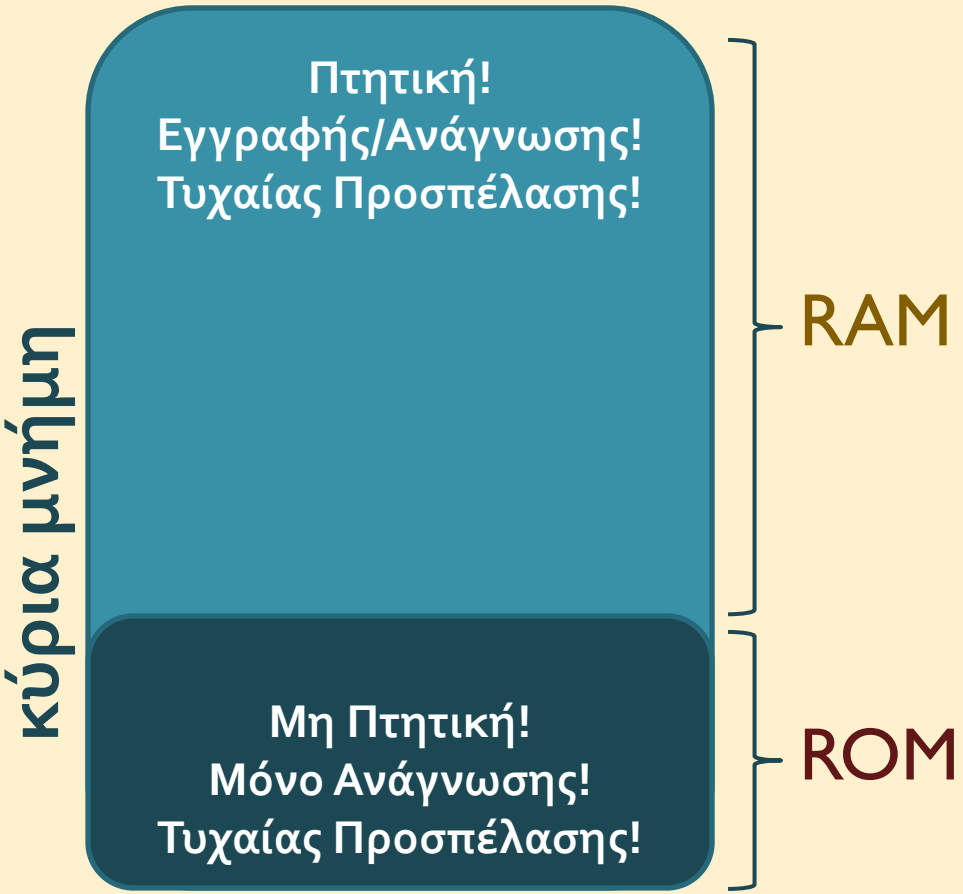
- Δεν είναι δυνατόν να είναι πτητική όλη η Κύρια Μνήμη
- Σε κάποιο τμήμα της πρέπει οπωσδήποτε να είναι μη πτητική. Σε ποιο;
- **Στο τμήμα που περιέχει τις εντολές και τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την έναρξη του Η/Υ!!!**
- Σε αυτό το τμήμα, τα περιεχόμενα είναι μονίμως όπως ορίστηκαν από τον κατασκευαστή και ο Η/Υ χρειάζεται **μόνο να τα διαβάζει, όχι να τα τροποποιεί**
- Έτσι, το συγκεκριμένο τμήμα της Κύριας Μνήμης αποκαλείται **ROM (Read-Only Memory, Μνήμη Μόνο Ανάγνωσης)**

Μνήμη Ανάγνωσης Μόνο (ROM)

- **ROM μάσκας**: τα περιεχόμενα είναι ενσωματωμένα στα κυκλώματα της μνήμης και δεν είναι τεχνικά εφικτό να αλλαχθούν
- Υπάρχουν σύγχρονες μνήμες ROM που επιτρέπουν μερική τροποποίηση των δεδομένων τους
  - **Προγραμματιζόμενη ROM ή PROM** (**P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory)**:** είναι δυνατό να προγραμματιστεί **μία μόνο φορά**
  - **Διαγράψιμη Προγραμματιζόμενη ROM ή EPROM** (**E**rasable **P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory): έχει τη δυνατότητα διαγραφής και επαναπρογραμματισμού του περιεχόμενού της έως 1.000 περίπου φορές χωρίς πρόβλημα με χρήση ειδικού εξοπλισμού
  - **Ηλεκτρικά Διαγράψιμη Προγραμματιζόμενη ROM ή EEPROM** (**E**lectrically **E**rasable **P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory): είναι δυνατή η μεταβολή των περιεχομένων της χωρίς τη χρήση εργαστηριακού εξοπλισμού



Κύρια Μνήμη: RAM και ROM - Σύνοψη



Η Κύρια Μνήμη είναι όλη Τυχαίας Προσπέλασης και παντού Αναγνώσιμη.

Ένα τμήμα της είναι Πτητικό, ένα άλλο όχι.

Επιπλέον, το Μη Πτητικό τμήμα ΔΕΝ επιτρέπει Εγγραφές.

Συχνά, λέγοντας RAM εννοούμε (καταχρηστικά) μόνο το Πτητικό τμήμα.

Όμως η ROM είναι, φυσικά, και αυτή RAM.

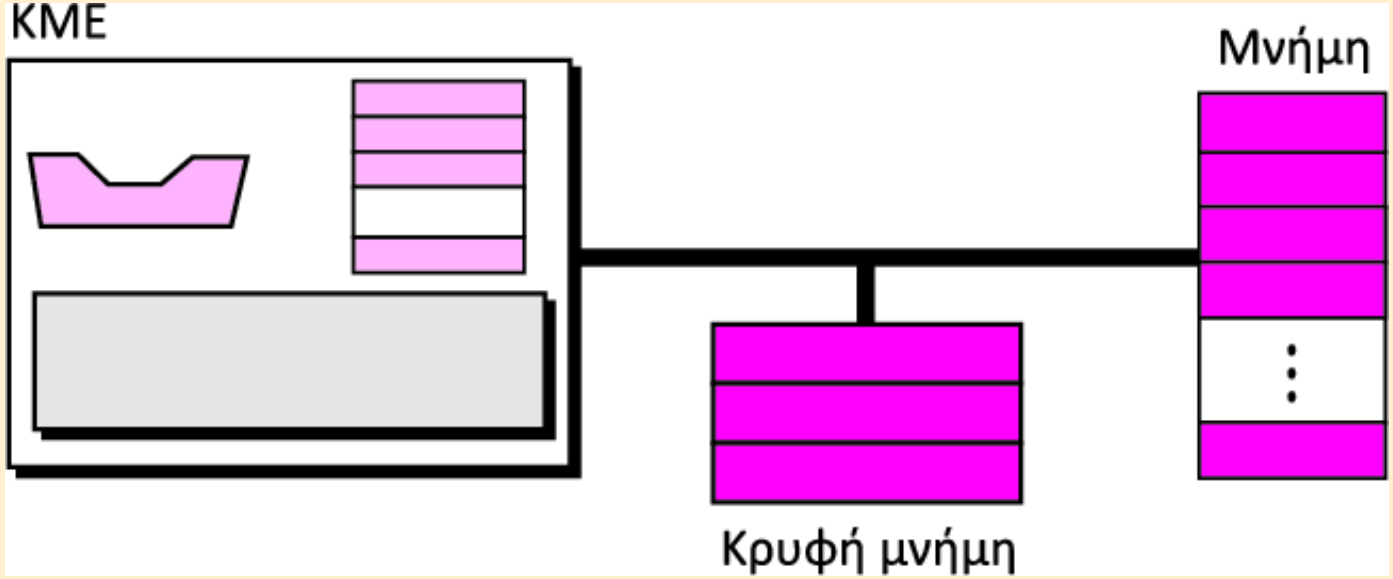
Boot

Η διαδικασία αυτή εκτελείται αυτόματα όταν ξεκινάει ο υπολογιστής και εκτελεί δυο βασικές δραστηριότητες:

- Ελέγχει αν όλες οι βασικές μονάδες του ηλεκτρονικού υπολογιστή (κύρια και δευτερεύουσα μνήμη, συσκευές εισόδου-εξόδου) είναι σε θέση να λειτουργήσουν
- Τη δραστηριότητα αυτή αναλαμβάνει ένα σύνολο εντολών που ονομάζεται **BIOS** (Basic Input-Output System)
- Μεταφέρει το λειτουργικό σύστημα από τη βοηθητική μνήμη (συνήθως μια προκαθορισμένη θέση του σκληρού δίσκου) στη μνήμη RAM και ξεκινάει την εκτέλεση του

Κρυφή μνήμη - Γενικά

- Η **κρυφή μνήμη (cache memory)** είναι γρηγορότερη από την κύρια μνήμη αλλά πιο αργή από την ΚΜΕ και τους καταχωρητές της
- Η κρυφή μνήμη έχει μικρό μέγεθος και μεσολαβεί μεταξύ της ΚΜΕ και της κύριας μνήμης



Κρυφή Μνήμη (Cache) – Έννοια και Είδη

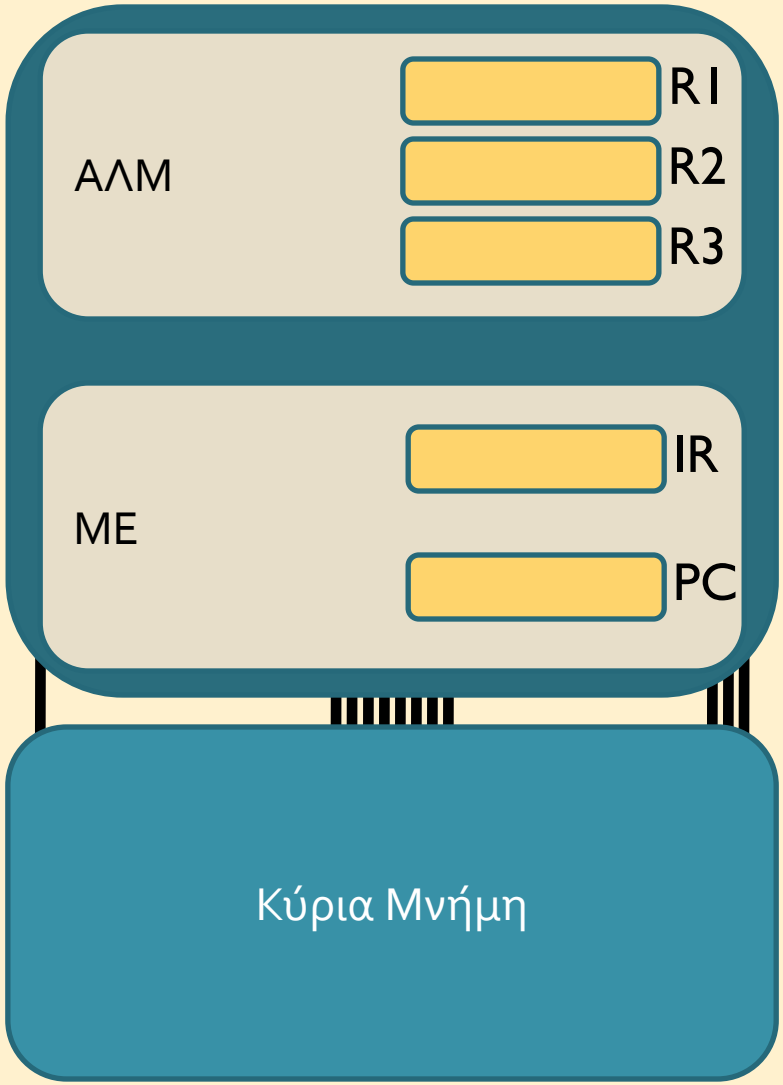
- Γενικά με τον όρο **cache** στην πληροφορική εννοούμε ένα αντίγραφο δεδομένων τα πρωτότυπα των οποίων βρίσκονται αποθηκευμένα σε κάποιο άλλο μέρος από το οποίο είναι δυσκολότερο, πιο χρονοβόρο ή λιγότερο οικονομικό να τα ανακτήσουμε
- Υπάρχουν πολλά είδη cache:
  - **CPU cache** (στην Κενρική Μονάδα Επεξεργασίας)
  - **Disk cache** (στη βοηθητική μνήμη)
  - **Web cache** (στον παγκόσμιο ιστό, για παράδειγμα σε μηχανές αναζήτησης)
  - **Database cache** (στις βάσεις δεδομένων)



Κρυφή Μνήμη (Cache) - Λειτουργία

- **Σκοπός της CPU cache** είναι να **επιταχύνει τη λειτουργία** της υπόλοιπης μνήμης του συστήματος και συνεπώς να βελτιώσει την ταχύτητα του υπολογιστή
- Η μνήμη CPU cache λόγω του **μεγάλου** της **κόστους** χρησιμοποιείται σε μικρές ποσότητες ως ένα **ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ του επεξεργαστή και της κύριας μνήμης**
- Η λειτουργία της κρυφής μνήμης βασίζεται στην **αρχή της τοπικότητας (principle of locality)** που υποστηρίζει ότι στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πρόσβασης σε γειτονικά δεδομένα αυτών που χρησιμοποιούνται τώρα
- Έτσι, όταν ένα μέρος δεδομένων μεταφέρεται από τη μνήμη στην Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, μεταφέρονται και τα γειτονικά τους στην κρυφή μνήμη έτσι ώστε να είναι πολύ πιο γρήγορη τυχόν ανάκτηση τους αμέσως μετά
- Πρακτικά, η μνήμη αυτή βρίσκεται πάνω ή κοντά στο κύκλωμα της Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας

Κρυφή Μνήμη – Σύγκριση Καταχωρητών και Κύριας Μνήμης

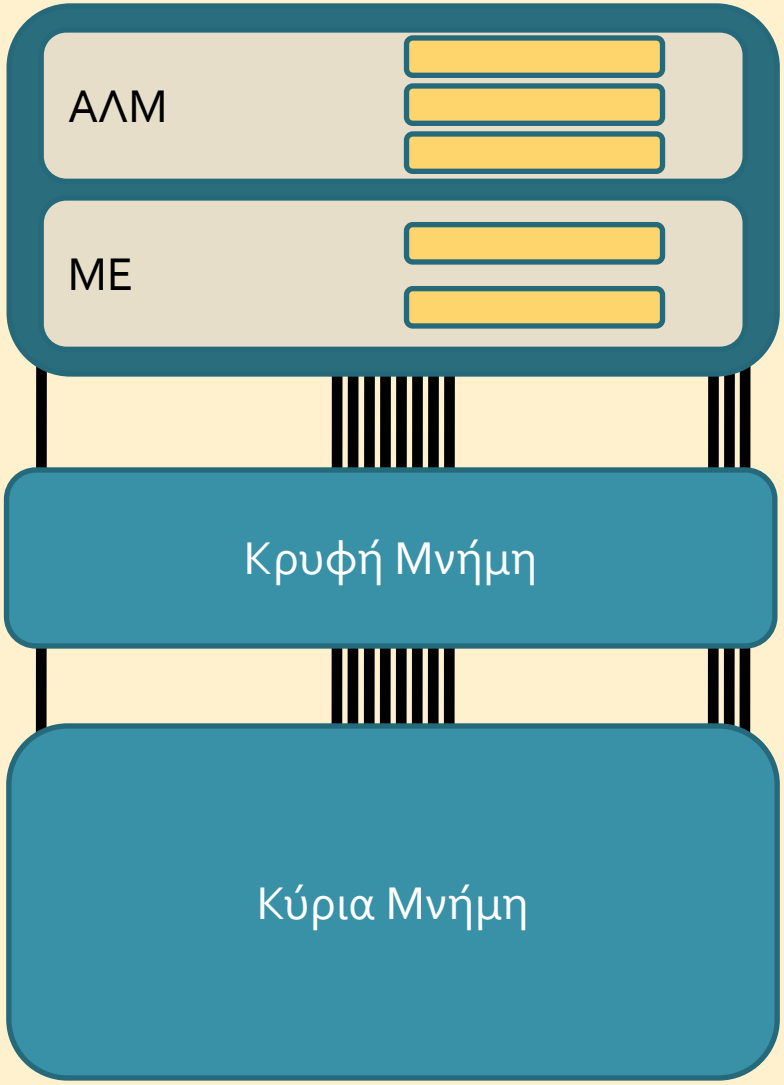


Μέχρι στιγμής οι χώροι αποθήκευσης που είδαμε είναι οι εξής:

- **Οι Καταχωρητές:**
  - *Ταχύτητα:* Πάρα πολύ μεγάλη
  - *Χώρος:* Πολύ μικρός

- **Η Κύρια Μνήμη:**
  - *Ταχύτητα:* Μεγάλη
  - *Χώρος:* Μεγάλος

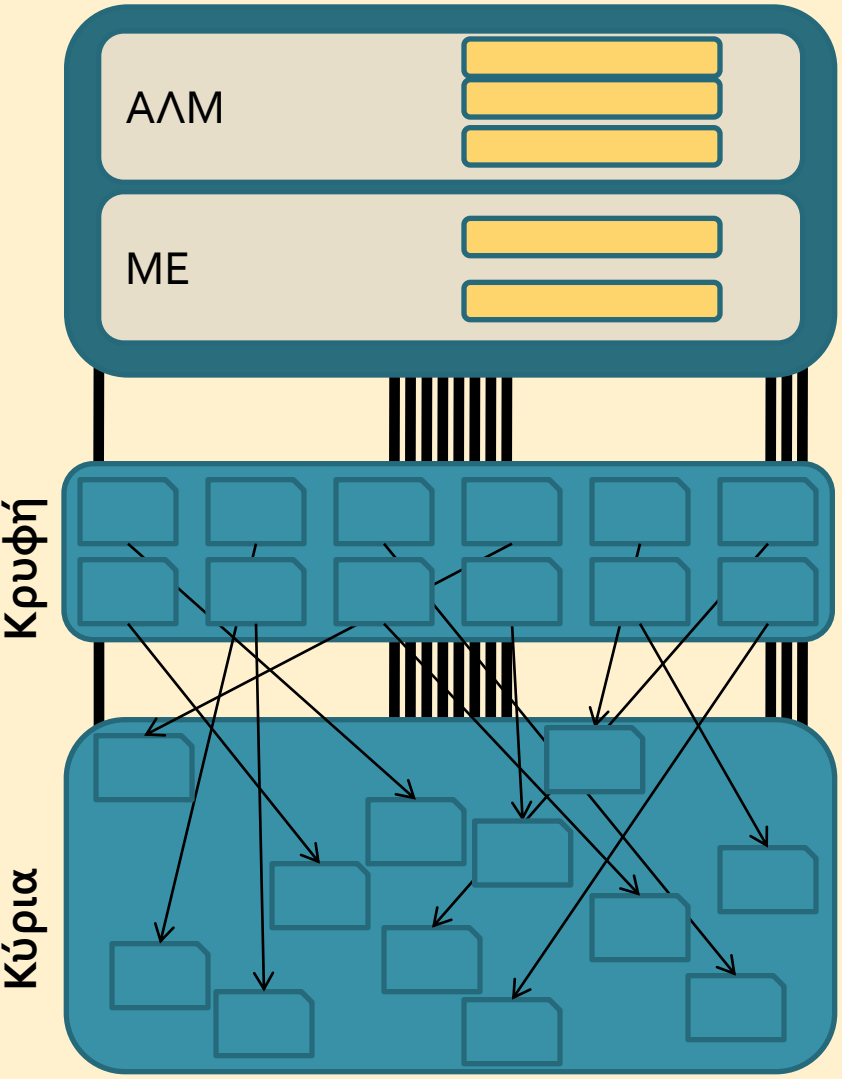
Κρυφή Μνήμη – Η θέση της στην ιεραρχία μνήμης



Συχνά προστίθεται και ένα ενδιάμεσο επίπεδο:

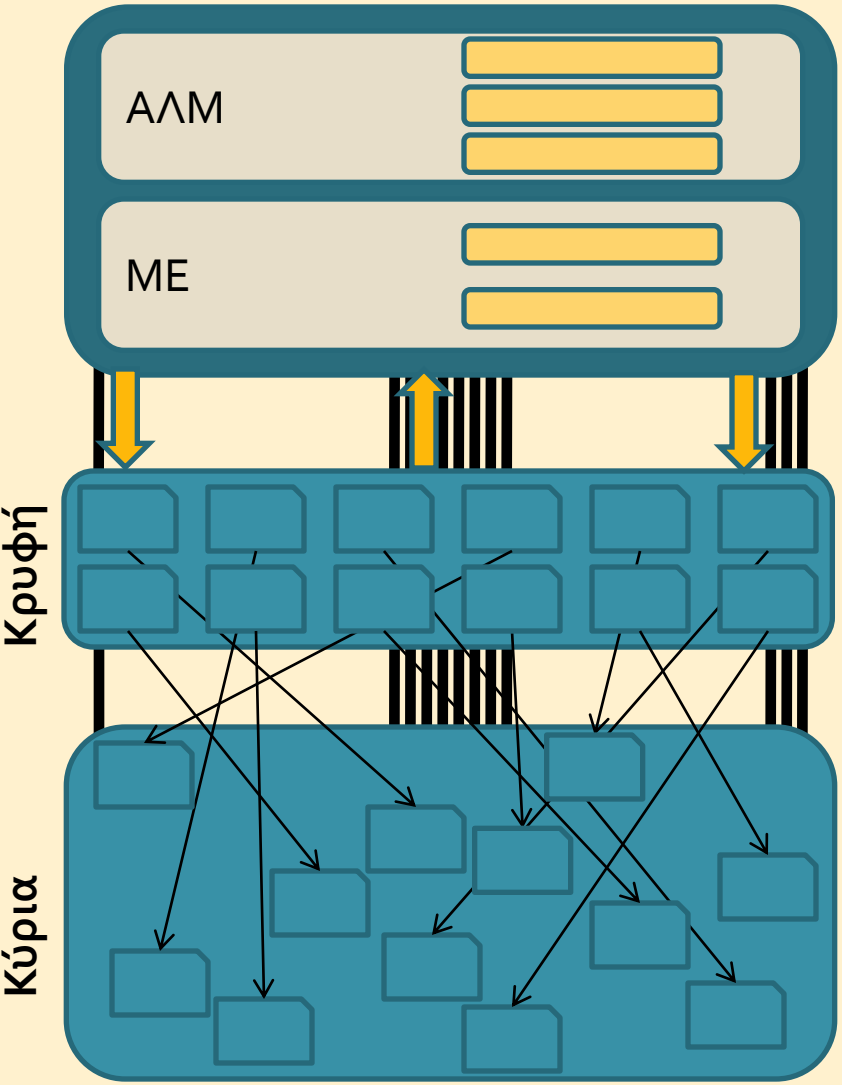
- Οι **Καταχωρητές**:
  - *Ταχύτητα:* Πάρα πολύ μεγάλη
  - *Χώρος:* Πολύ μικρός
- *Η* **Κρυφή Μνήμη**:
  - *Ταχύτητα:* Πολύ μεγάλη
  - *Χώρος:* Μικρός
- Η **Κύρια Μνήμη**:
  - *Ταχύτητα:* Μεγάλη
  - *Χώρος:* Μεγάλος

Κρυφή Μνήμη – Πώς λειτουργεί



- Η Κρυφή Μνήμη (Cache Memory) μεσολαβεί **μεταξύ ΚΜΕ και Κύριας Μνήμης**.
- Είναι Ταχύτερη της Κύριας Μνήμης, αλλά βραδύτερη των Καταχωρητών.
- Ανά πάσα στιγμή περιέχει **αντίγραφα θέσεων της Κύριας Μνήμης**.
- Η Κύρια Μνήμη προσπελάζεται **μόνο όποτε η ζητούμενη θέση δεν βρίσκεται ήδη στην Κρυφή**.

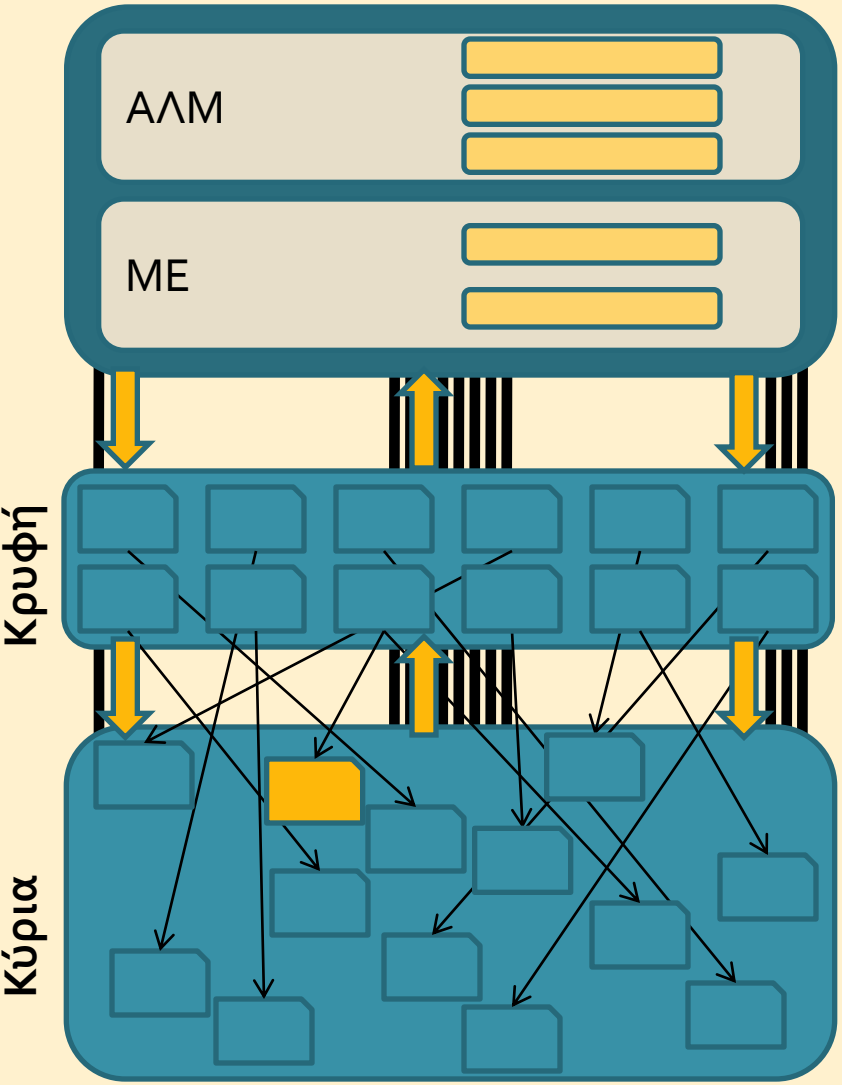
Κρυφή Μνήμη: Ανάγνωση (Cache Memory – Read Operation)



Κατά την **Ανάγνωση** μιας λέξης:

- Η ΚΜΕ **πρώτα αναζητάει τη Λέξη στην Κρυφή Μνήμη**, όχι στην Κύρια.
- Αν η Λέξη υπάρχει ήδη στην Κρυφή Μνήμη, επιστρέφεται.
- Αν όχι τότε……

Κρυφή Μνήμη: Ανάγνωση (Cache Memory – Read Operation)



Κατά την **Ανάγνωση** μιας λέξης:

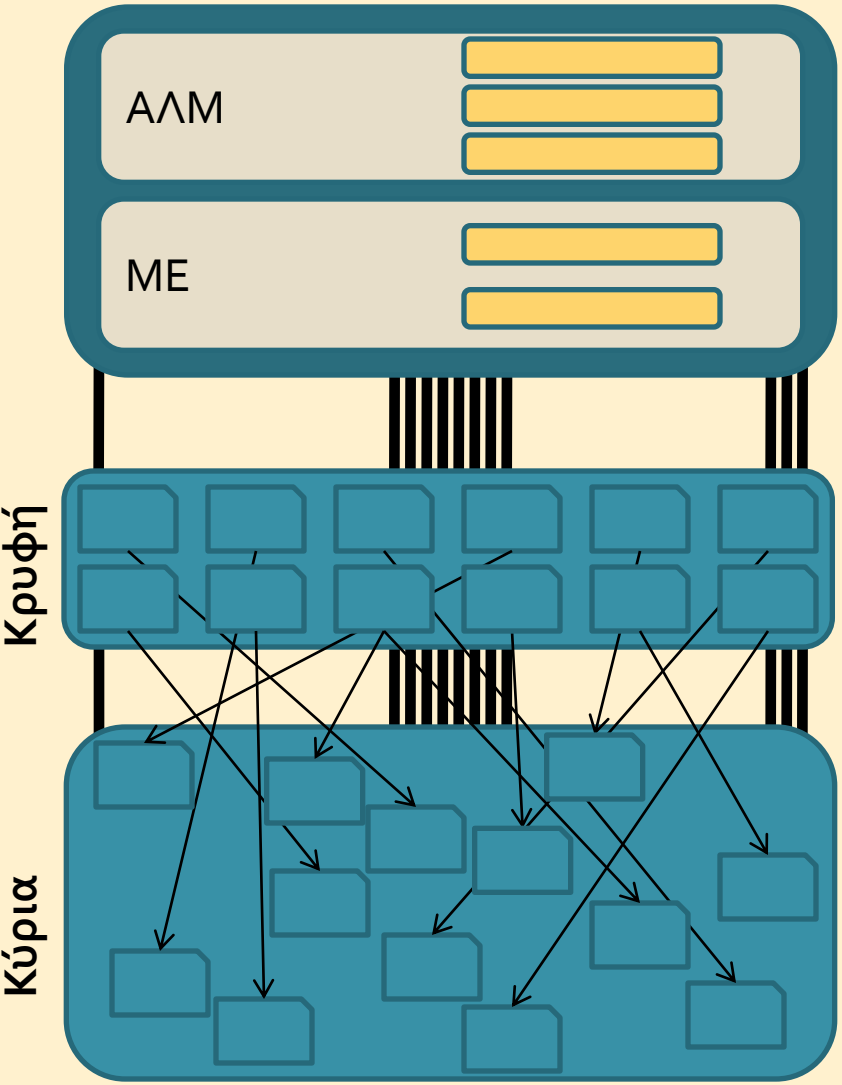
Η ΚΜΕ **πρώτα αναζητάει τη Λέξη στην Κρυφή Μνήμη**, όχι στην Κύρια.

Αν η Λέξη υπάρχει ήδη στην Κρυφή Μνήμη, επιστρέφεται.

Αν όχι τότε.....

- Ζητείται από την Κύρια Μνήμη.
- Η Κύρια Μνήμη την επιστρέφει.
- Κάποια Λέξη της Κρυφής Μνήμης αντικαθίσταται από την νέα.
- Η νέα Λέξη επιστρέφεται.

Κρυφή Μνήμη: Εγγραφή (Cache Memory – Write Operation)

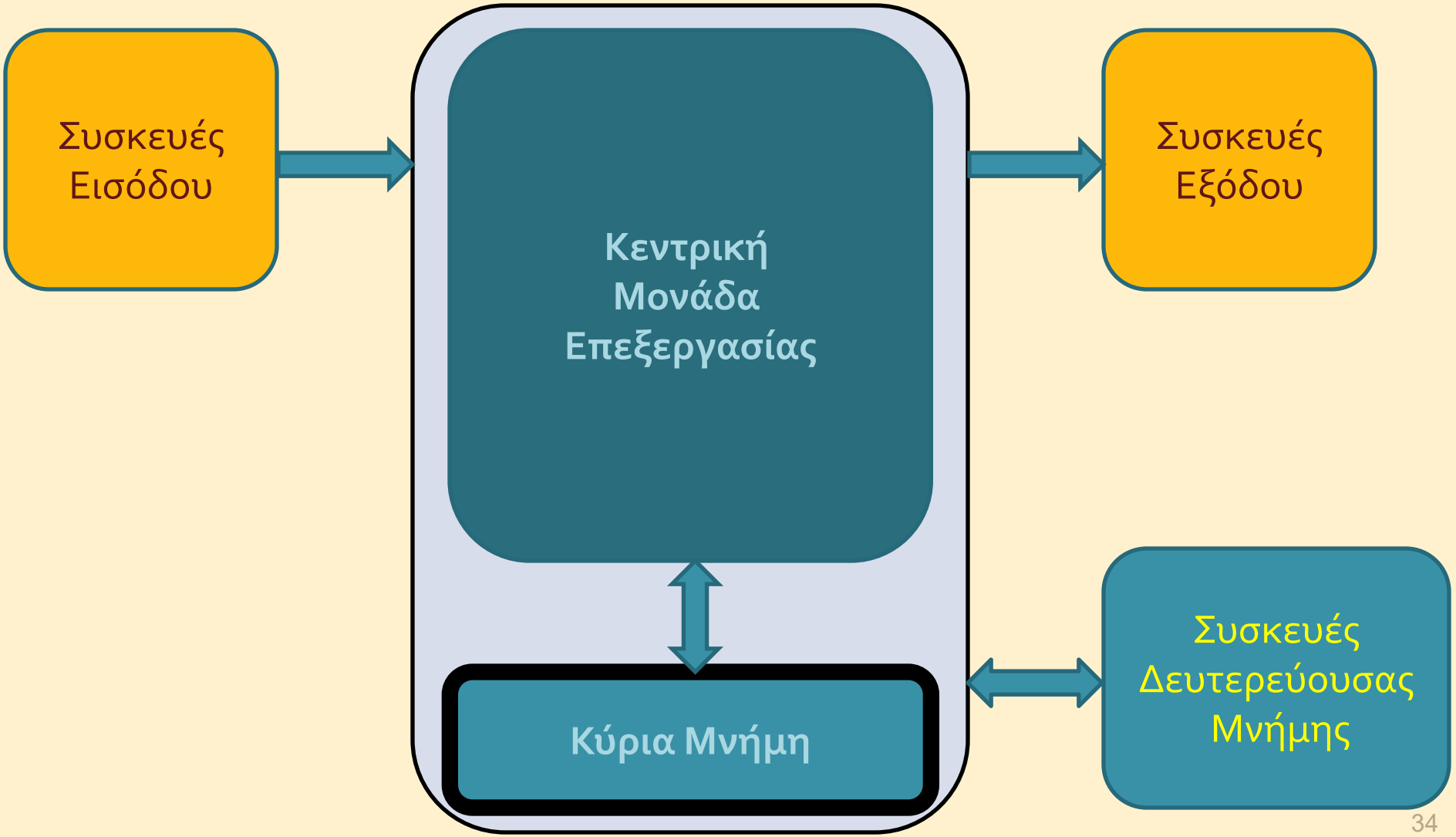


Κατά την **Εγγραφή Λέξης**, η διαδικασία είναι ελαφρώς πιο περίπλοκη.

Όμως η βασική ιδέα είναι η ίδια:

Η Κύρια Μνήμη πρέπει να προσπελάζεται μόνο εφόσον είναι απολύτως απαραίτητο!!!

Κύρια Μνήμη – Η επικοινωνία της με τον επεξεργαστή και τις περιφερειακές συσκευές



Κύρια Μνήμη– RAM (Random Access Memory)

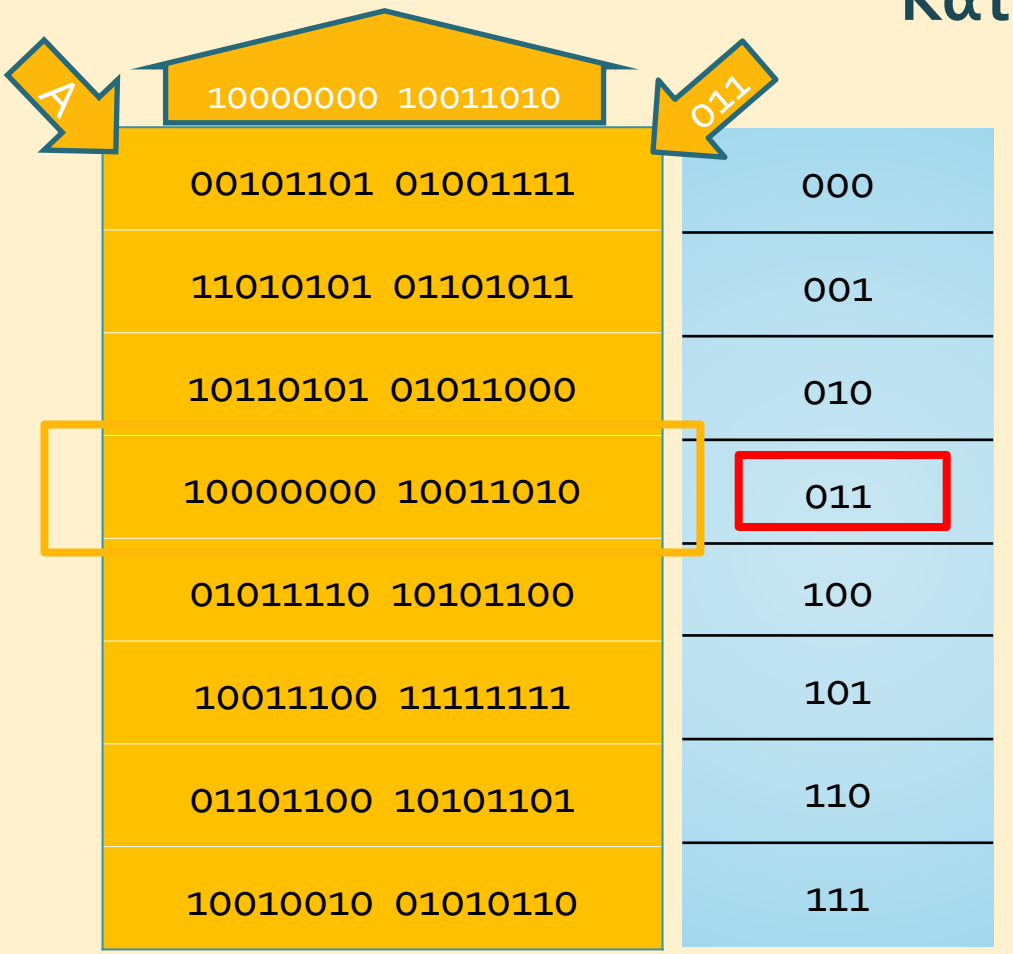
- Η **Κύρια Μνήμη** αναφέρεται και ως **RAM (Random-Access Memory, Μνήμη Τυχαίας Προσπέλασης)**, γιατί επιτρέπει να προσπελάζουμε τις λέξεις της με οποιαδήποτε σειρά.
- Αυτό γιατί η **κάθε λέξη στη Κύρια Μνήμη συνδέεται με μια ξεχωριστή διεύθυνση!**

Κύρια Μνήμη – Οργάνωση σε θέσεις και λέξεις μνήμης

Λέξεις	Διεύθυνση
00101101 01001111	000
11010101 01101011	001
10110101 01011000	010
10000000 10011010	011
01011110 10101100	100
10011100 11111111	101
01101100 10101101	110
10010010 01010110	111

- Η Κύρια Μνήμη διαιρείται σε **θέσεις μνήμης**.
- Κάθε μια θέση μνήμης μπορεί να αποθηκεύσει μια **Λέξη**. Δηλαδή μια **εντολή** του προγράμματος ή κάποια **δεδομένα, μεταφρασμένα σε γλώσσα μηχανής** → ένα σύνολο δυαδικών ψηφίων)
- Όλες οι λέξεις της Κύριας Μνήμης αποτελούνται από μια ακολουθία μπιτ **ίδιου μήκους** (8, 16, 32, ή και 64 μπιτ).
- Κάθε λέξη έχει μια **Μοναδική Διεύθυνση**.
- Οι Διευθύνσεις επιτρέπουν την άμεση **Ανάγνωση** και **Εγγραφή** μεμονωμένων λέξεων.

Κύρια Μνήμη– Διαδικασία Ανάγνωσης



Κατά την Ανάγνωση μιας λέξης:

Η **ΚΜΕ** αποστέλλει στην **Κύρια Μνήμη**:

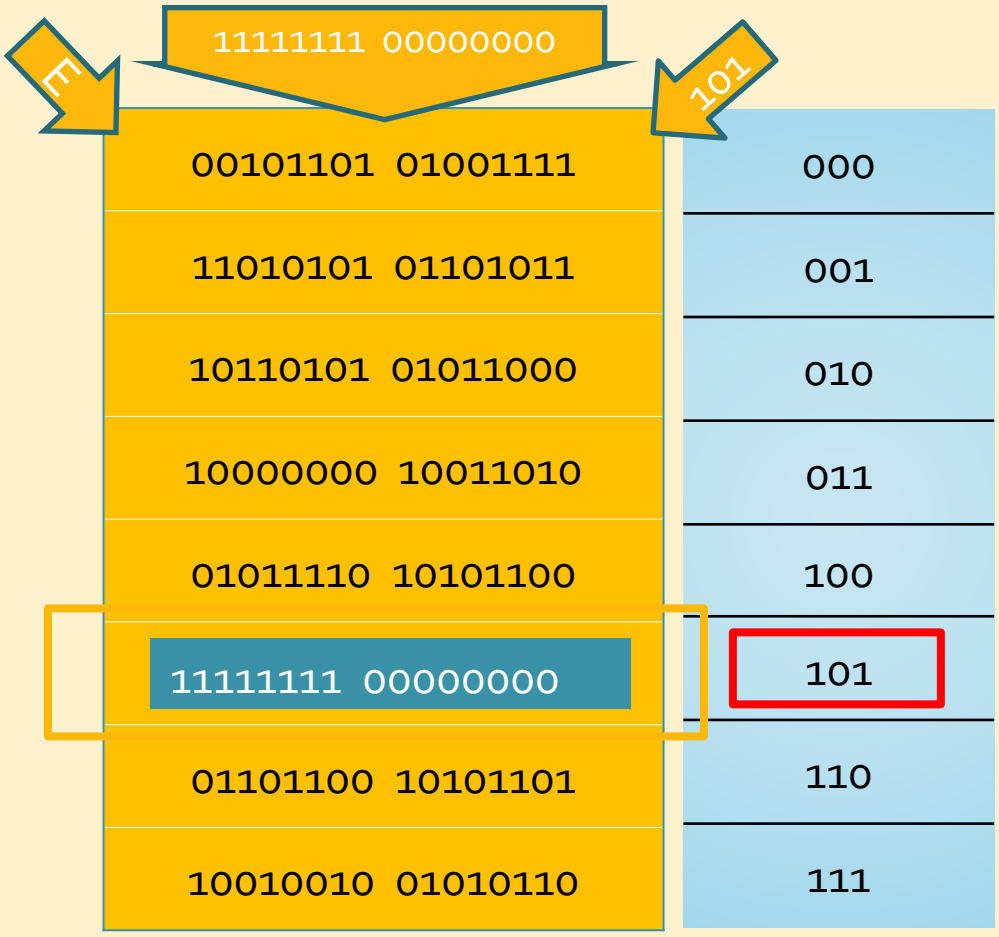
- Τον **κωδικό** της πράξης της **Ανάγνωσης (Α)**
- Τη **Διεύθυνση της λέξης** (011) που θέλει να διαβάσει

Η **Κύρια Μνήμη**:

- Επιστρέφει στην ΚΜΕ τα μπιτ της λέξης.

Κύρια Μνήμη – Διαδικασία Εγγραφής

Κατά την Εγγραφή μιας λέξης:



Η **ΚΜΕ** αποστέλλει στην **Κύρια Μνήμη**:

- Τον **κωδικό** της πράξης της **Εγγραφής (Ε)**,
- Τη **Διεύθυνση της λέξης** (101) όπου θέλει να γράψει, και
- Τα **μπιτ που θέλει να γράψει**.

Η Κύρια Μνήμη

- Εκτελεί την αλλαγή.

Κύρια Μνήμη: Χωρητικότητα

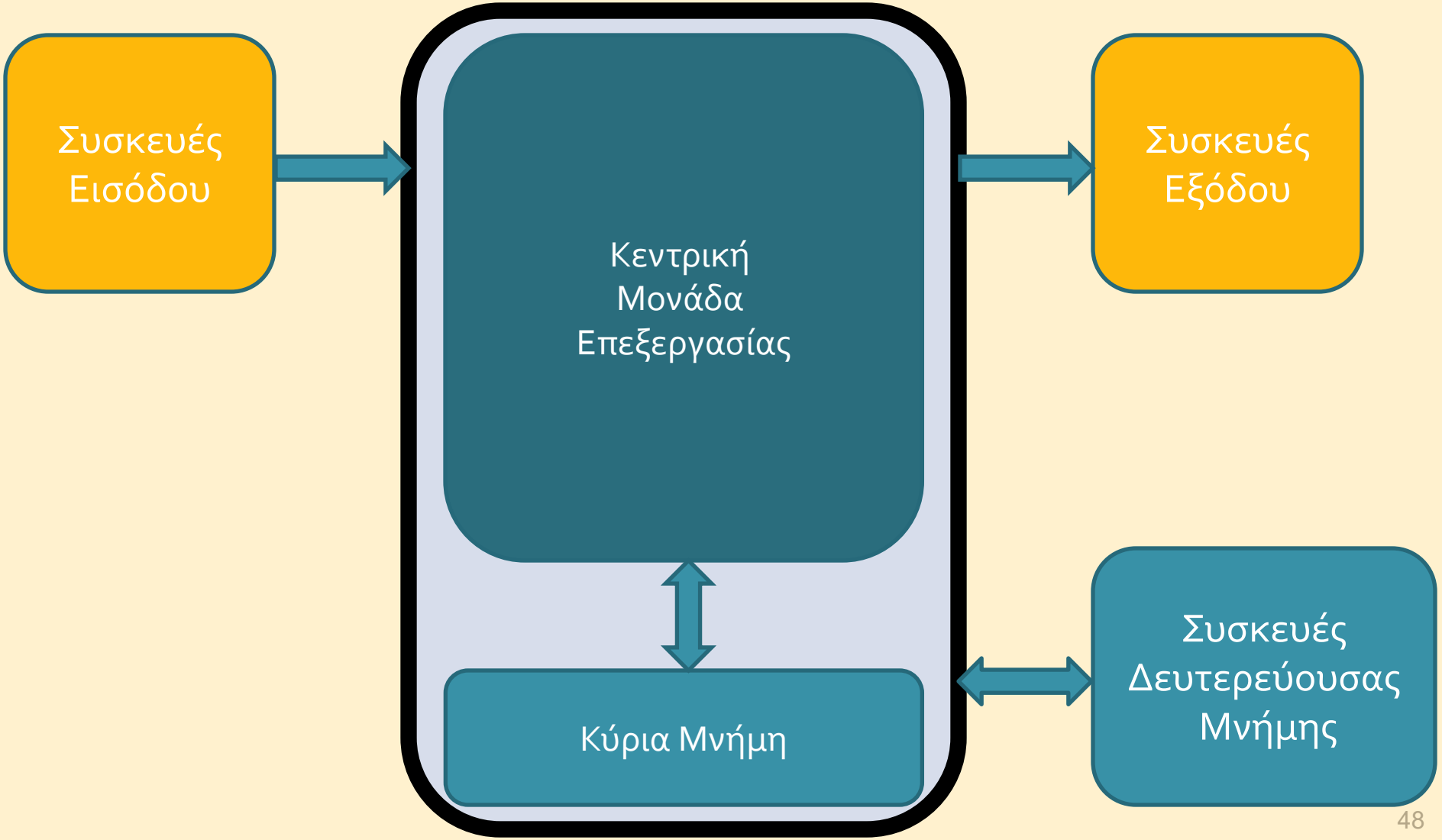
Μονάδα χωρητικότητας της μνήμης είναι το **Byte**. Στα πολλαπλάσιά του αναφερόμαστε με τα προθήματα kilo-, mega-, κλπ., που όμως εδώ έχουν διαφορετικό νόημα:

Μονάδα	Πλήθος Byte	Προσέγγιση
1 kilobyte (KB)	2^{10}=1.024	10^3
1 megabyte (MB)	2^{20}=1.048.576	10^6
1 gigabyte (GB)	2^{30}=1.073.741.824	10^9
1 terabyte (TB)	2^{40}	10^{12}
1 petabyte (PB)	2^{50}	10^{15}
1 exabyte (EB)	2^{60}	10^{18}

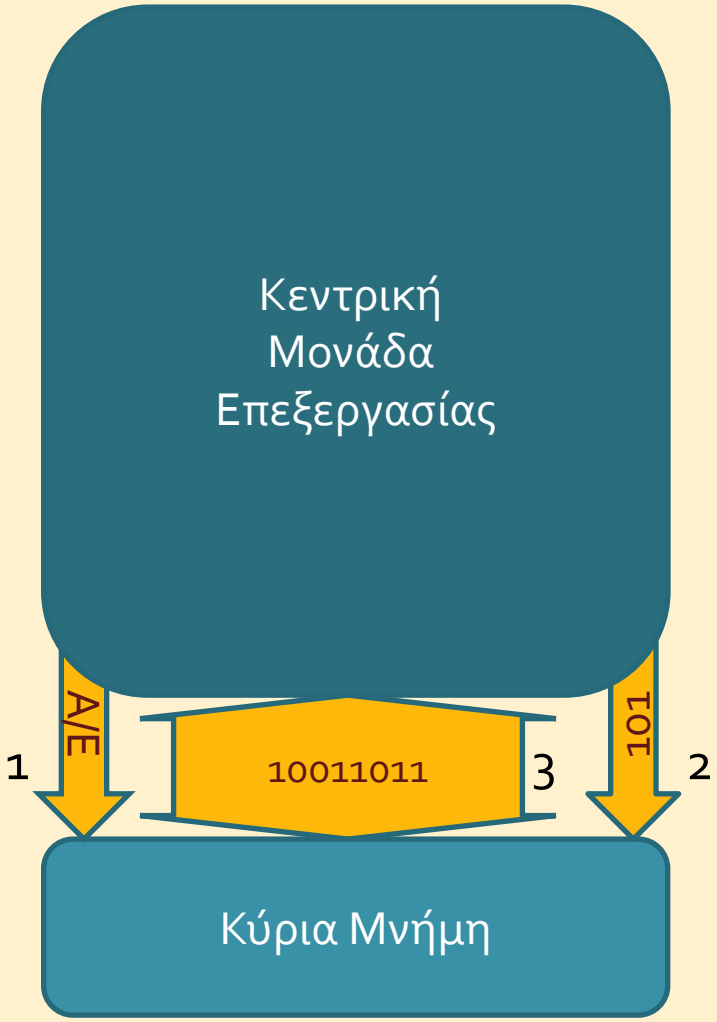
Η βάση για τις δυνάμεις είναι το 2, όχι το 10.

Οι εκθέτες αυξάνουν κατά 10, όχι κατά 3.

ΚΜΕ & Κύρια Μνήμη



Σύνδεση ΚΜΕ – Κύριας Μνήμης



Πώς ακριβώς συνδέονται η ΚΜΕ και η Κύρια Μνήμη μεταξύ τους;

Θυμηθείτε τι πρέπει να μπορούν να ανταλλάζουν:

1. Τον **Κωδικό** της πράξης (ανάγνωση ή εγγραφή (A/E))
2. Την **Διεύθυνση** της λέξης στην Κύρια Μνήμη (που θα αναγνωσθεί ή θα εγγραφεί)
3. Την **Λέξη** (που αναγνώσθηκε ή που πρέπει να εγγραφεί)

Σύνδεση ΚΜΕ – Κύριας Μνήμης



Πώς ακριβώς συνδέονται η ΚΜΕ και η Κύρια Μνήμη μεταξύ τους;

Την ανταλλαγή αυτών των μηνυμάτων εκτελούν αντιστοίχως οι εξής **τρείς ομάδες καλωδίων** (κάθε καλώδιο μεταφέρει 1 μπιτ):

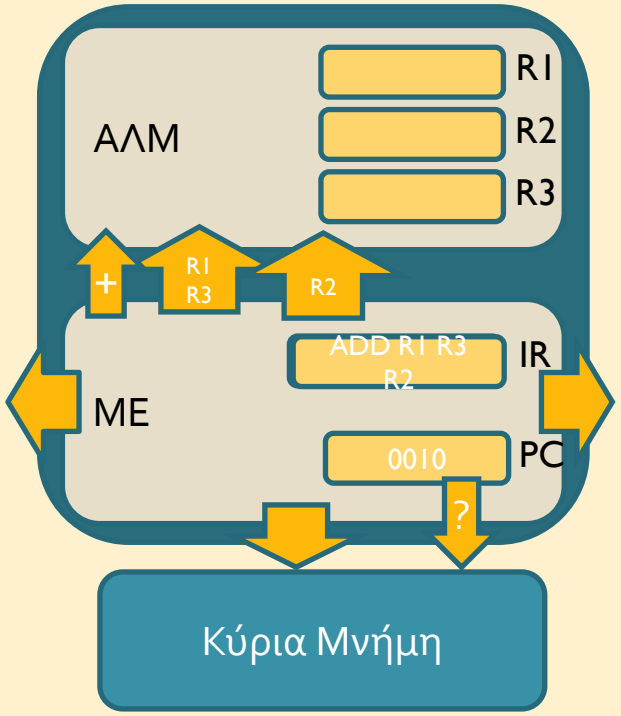
1. ο **Δίαυλος Ελέγχου** (Control Bus),
2. ο **Δίαυλος Διευθύνσεων** (Address Bus), και
3. ο **Δίαυλος Δεδομένων** (Data Bus).

Ο Κύκλος Μηχανής (Machine Cycle)

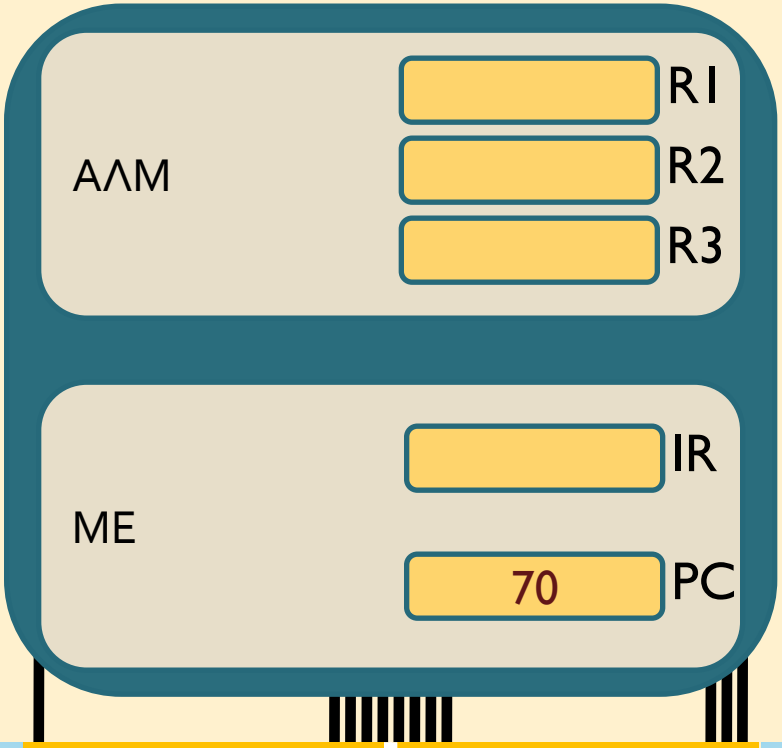
Για να εκτελέσουν ένα πρόγραμμα, η **ΚΜΕ** και η **Κύρια Μνήμη** επαναλαμβάνουν διαρκώς τον λεγόμενο **Κύκλο Μηχανής** (*machine cycle*), δηλαδή τα εξής δύο στάδια:

1. ***«Φέρε»***: η επόμενη προς εκτέλεση εντολή (όπως υποδεικνύει ο Μετρητής Προγράμματος (PC)) μεταφέρεται από τη Κύρια Μνήμη στην Μονάδα Ελέγχου (στον Καταχωρητή Εντολής).

2. ***«Εκτέλεσε»***: η Μονάδα Ελέγχου στέλνει τα σήματα που απαιτούνται (στην Κύρια Μνήμη, την ΑΛΜ, τις Συσκευές Ε/Ε) για την εκτέλεση αυτής της εντολής.



Ο Κύκλος Μηχανής: Παράδειγμα



70	LOAD 200 R1		199
71	LOAD 201 R2	+14	200
72	ADD R1 R2 R3	-10	201
73	STORE 202 R3		202

Θεωρήστε το πρόγραμμα:

LOAD 200 R1

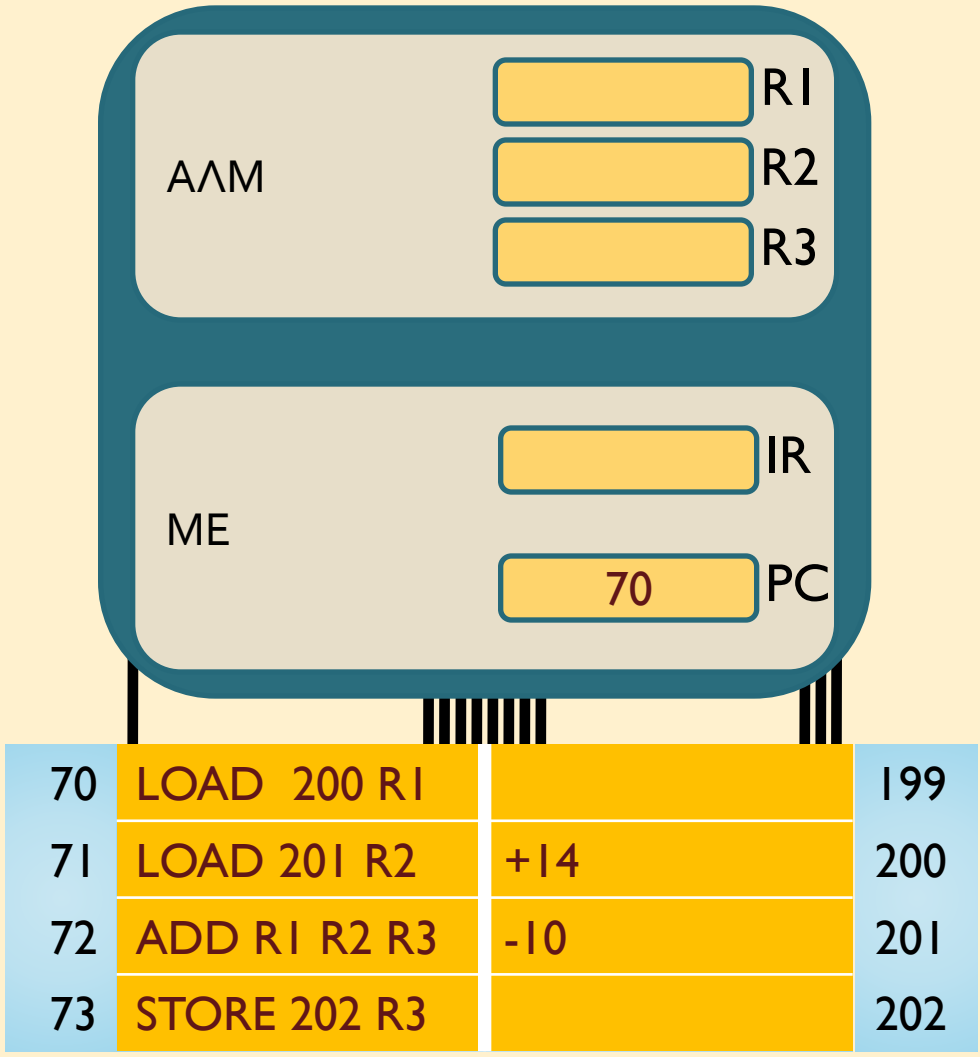
LOAD 201 R2

ADD R1 R2 R3

STORE 202 R3

Έστω ότι το πρόγραμμα αυτό (κωδικοποιημένο δυαδικά) περιέχεται στη μνήμη στις θέσεις με διευθύνσεις **70-73**.

Ο Κύκλος Μηχανής: Παράδειγμα (Σημασία των εντολών)



Η σημασία των εντολών είναι:

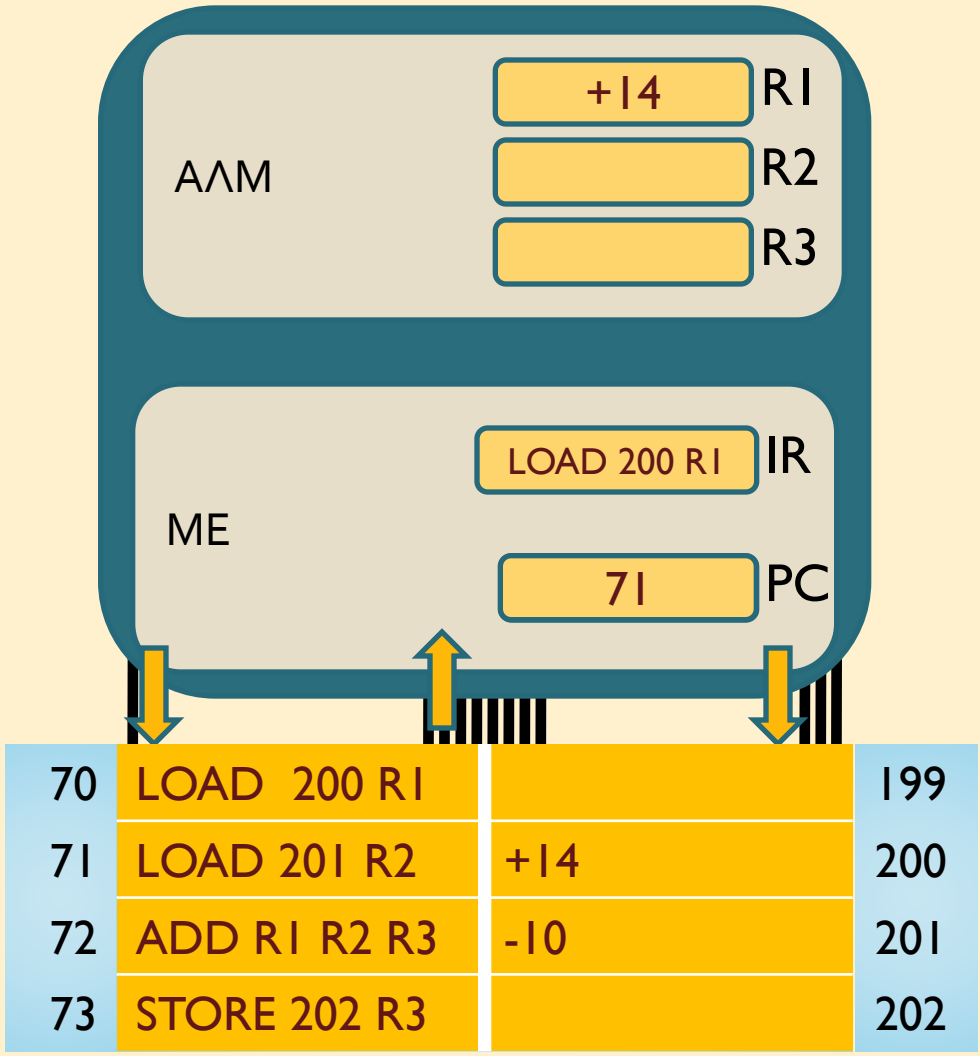
Αντέγραψε τη θέση 200 στον R1 (70)
Αντέγραψε τη θέση 201 στον R2 (71)
Αντέγραψε το R1+R2 στον R3 (72)
Αντέγραψε τον R3 στη θέση 202 (73)

Άρα τι ζητάει ουσιαστικά αυτό το πρόγραμμα;

- Να γράψουμε στη θέση 202 το άθροισμα των αριθμών από τις θέσεις 200 και 201.

Ας δούμε πώς η ΚΜΕ και η Κύρια Μνήμη θα συνεργαστούν για να εκτελέσουν αυτό το πρόγραμμα!

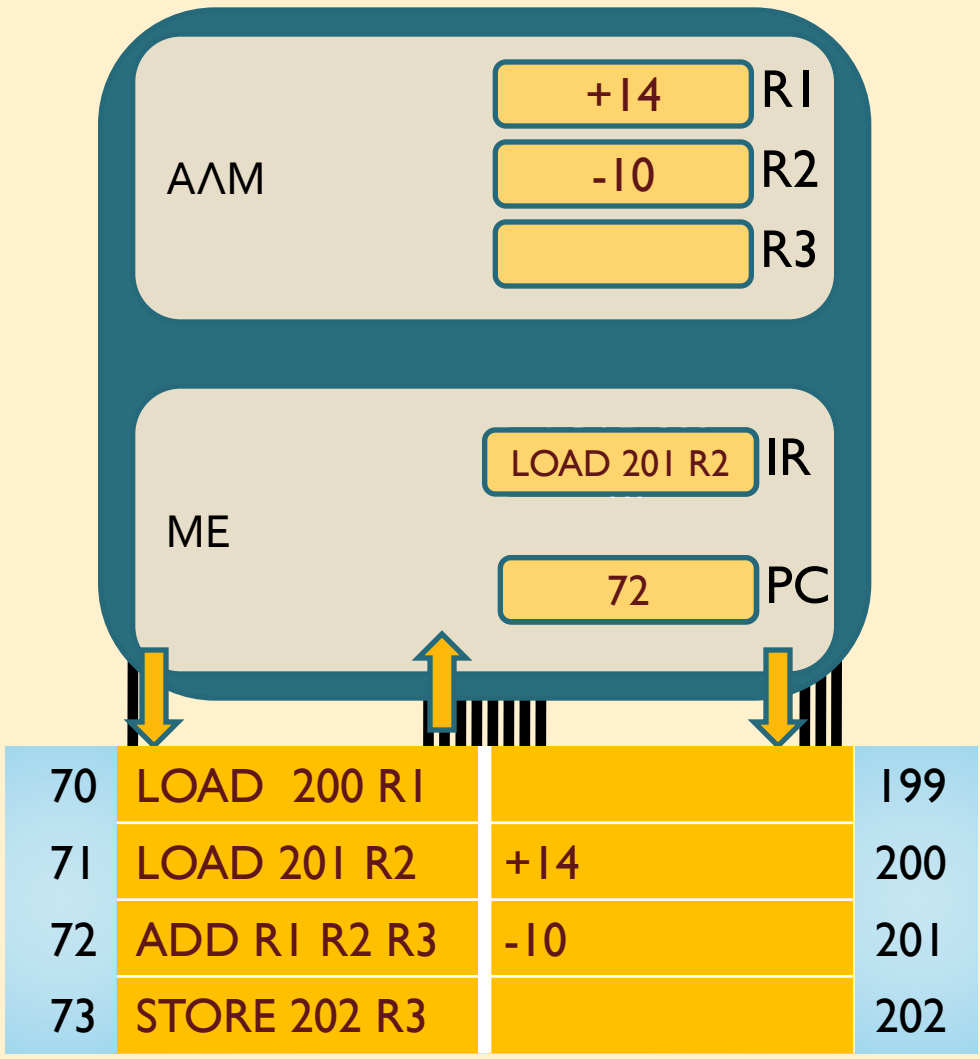
Ο Κύκλος Μηχανής: Παράδειγμα (Πρώτος Κύκλος)



Πρώτος κύκλος:

1. Η **ΜΕ** ζητάει από τη **Μνήμη** τη θέση 70 για τον **IR**.
2. Η **Μνήμη** απαντάει, και το περιεχόμενο φθάνει στον **IR**.
3. Η **ΜΕ** ερμηνεύει τον **IR**. Ζητάει από τη **Μνήμη** τη θέση 200 για τον **R1**.
4. Η **Μνήμη** απαντάει και το περιεχόμενο φθάνει στον **R1**.
5. Η **ΜΕ** αυξάνει τον PC κατά 1.

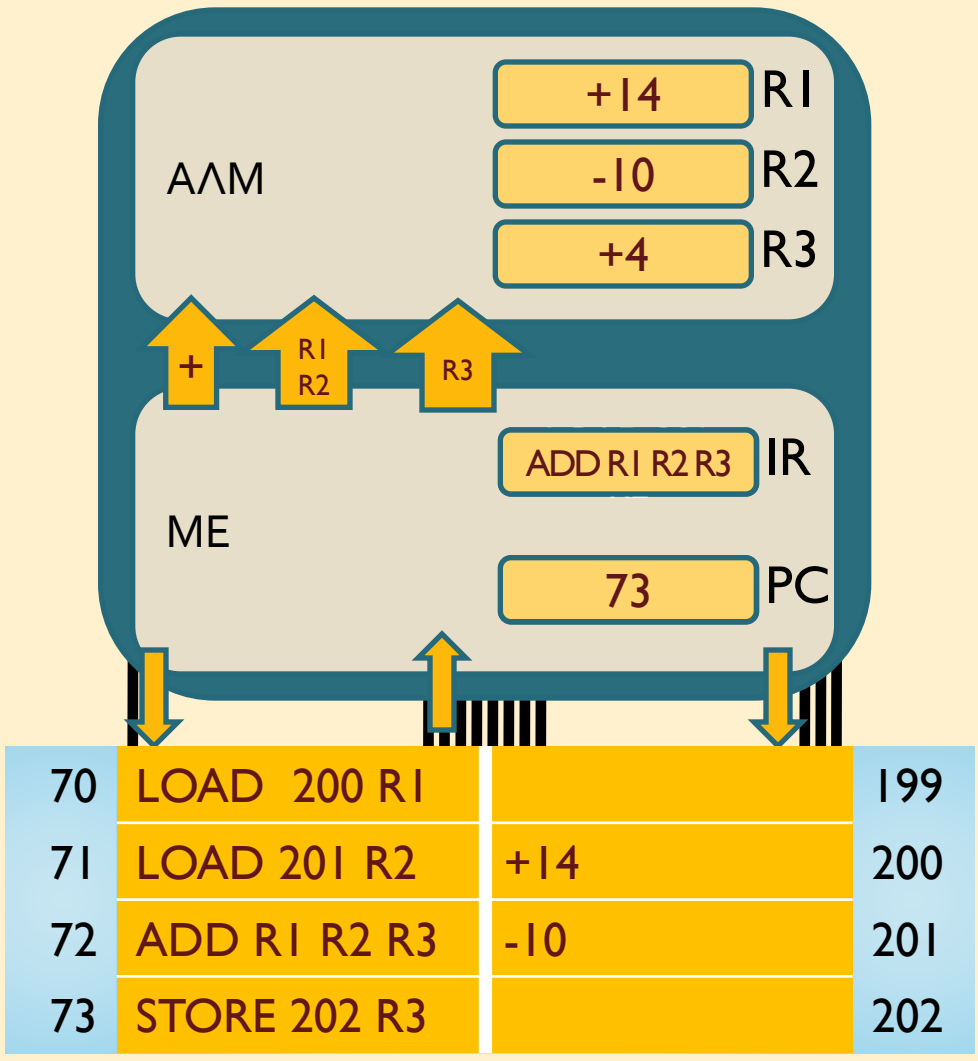
Ο Κύκλος Μηχανής: Παράδειγμα (Δεύτερος Κύκλος)



Δεύτερος κύκλος:

1. Η **ΜΕ** ζητάει από τη **Μνήμη** τη θέση 71 για τον **IR**.
2. Η **Μνήμη** απαντάει, και το περιεχόμενο φθάνει στον **IR**.
3. Η **ΜΕ** ερμηνεύει τον **IR**. Ζητάει από τη **Μνήμη** τη θέση 201 για τον **R2**.
4. Η **Μνήμη** απαντάει και το περιεχόμενο φθάνει στον **R2**.
5. Η **ΜΕ** αυξάνει τον PC κατά 1.

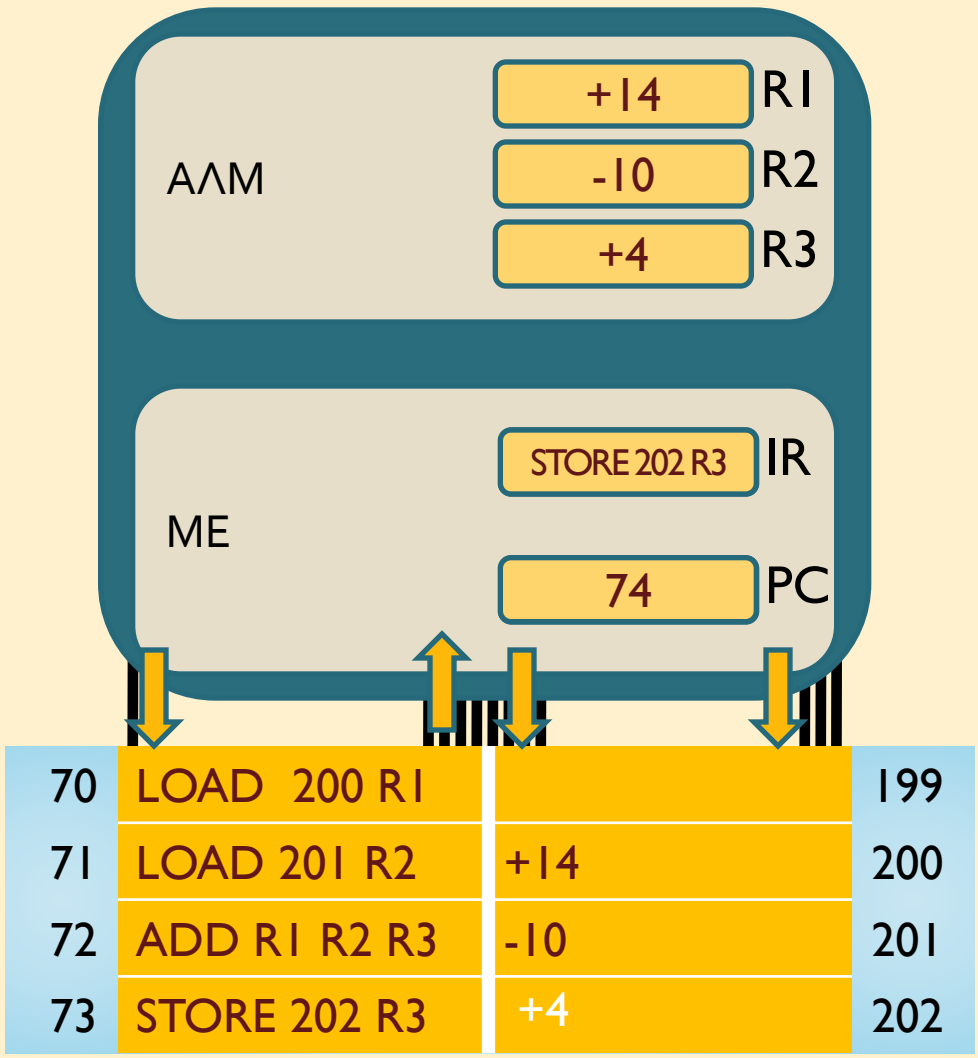
Ο Κύκλος Μηχανής: Παράδειγμα (Τρίτος Κύκλος)



Τρίτος κύκλος:

1. Η **ΜΕ** ζητάει από τη **Μνήμη** τη θέση 72 για τον **IR**.
2. Η **Μνήμη** απαντάει, και το περιεχόμενο φθάνει στον **IR.**
3. Η **ΜΕ** ερμηνεύει τον **IR**. Ζητάει από τη **ΑΛΜ** να προσθέσει τους R1, R2 και να βάλει το αποτέλεσμα στον R3.
4. Η **ΑΛΜ** εκτελεί την πράξη και βάζει το άθροισμα στον R3.
5. Η **ΜΕ** αυξάνει τον **PC** κατά 1.

Ο Κύκλος Μηχανής: Παράδειγμα (Τέταρτος Κύκλος)



Τέταρτος κύκλος:

1. Η **ΜΕ** ζητάει από τη **Μνήμη** τη θέση 73 για τον **IR**.
2. Η **Μνήμη** απαντάει, και το περιεχόμενο φθάνει στον **IR**.
3. Η **ΜΕ** ερμηνεύει τον **IR**. Ζητάει από τη **Μνήμη** να αντιγράψει τον R3 στη θέση 202.
4. Η **Μνήμη** κάνει την αντιγραφή.
5. Η **ΜΕ** αυξάνει τον **PC** κατά 1.

ξανά;