

Ιόνιο Πανεπιστήμιο – Τμήμα Πληροφορικής
Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών
2024-25

Οργάνωση Υπολογιστών (I)

(η «κεντρική» μονάδα επεξεργασίας)

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

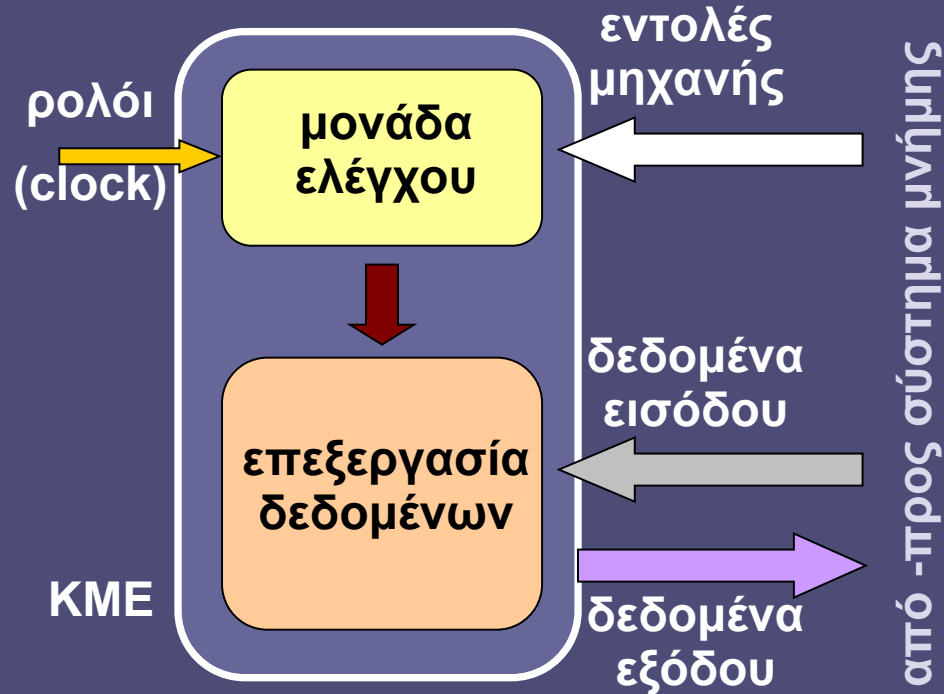
Μ.Στεφανιδάκης



Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)

- **Central Processing Unit (CPU)**
 - Το υπολογιστικό τμήμα κάθε «πυρήνα» (“core”)
 - Εκτέλεση πράξεων στα δεδομένα
- **Κύριες κατηγορίες πράξεων**
 - Αριθμητικές-λογικές πράξεις
 - Μεταφορές δεδομένων από-προς μνήμη/καταχωρητές
 - Συγκρίσεις και διακλάδωση υπό συνθήκη
- **Επιλογή επιθυμητής πράξης**
 - Εντολές μηχανής (σειρές από bits)
 - Πρόγραμμα: ακολουθία εντολών μηχανής

Τα μέρη της ΚΜΕ (CPU)

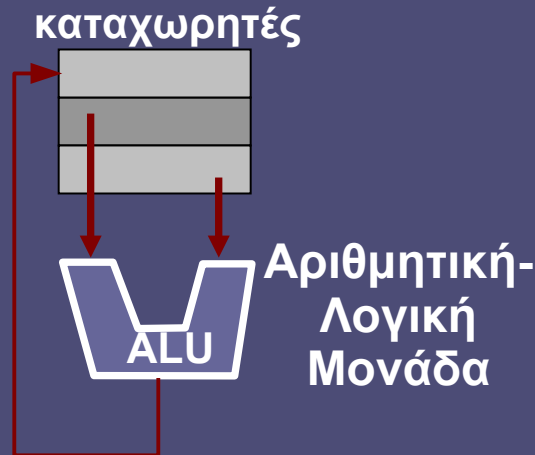


- Επεξεργασία δεδομένων
 - Καθοδήγηση από τη μονάδα ελέγχου
 - Βάσει του προγράμματος εκτέλεσης (εντολών)

Επεξεργασία δεδομένων

- Ποιος εκτελεί τις πράξεις μεταξύ δεδομένων;
 - Αριθμητικές – λογικές μονάδες (ΑΛΜ)
 - Arithmetic – Logic Units (ALUs)
 - Διαφορετικές μονάδες για πράξεις ακεραίων και αριθμών κινητής υποδιαστολής
- Από πού προέρχονται τα δεδομένα εισόδου στις ΑΛΜ και πού αποθηκεύεται το αποτέλεσμα της πράξης;
 - Καταχωρητές
 - Μνήμη

Καταχωρητές (registers)



- **Καταχωρητές γενικού σκοπού (general purpose)**
 - Αυτόνομες θέσεις αποθήκευσης μέσα στην ΚΜΕ
 - Κάθε καταχωρητής αποθηκεύει μία “λέξη” δεδομένων
 - Γρήγορη προσπέλαση
 - Προσωρινή αποθήκευση δεδομένων
 - Δεδομένα εισόδου και εξόδου ΑΛΜ (ALU)

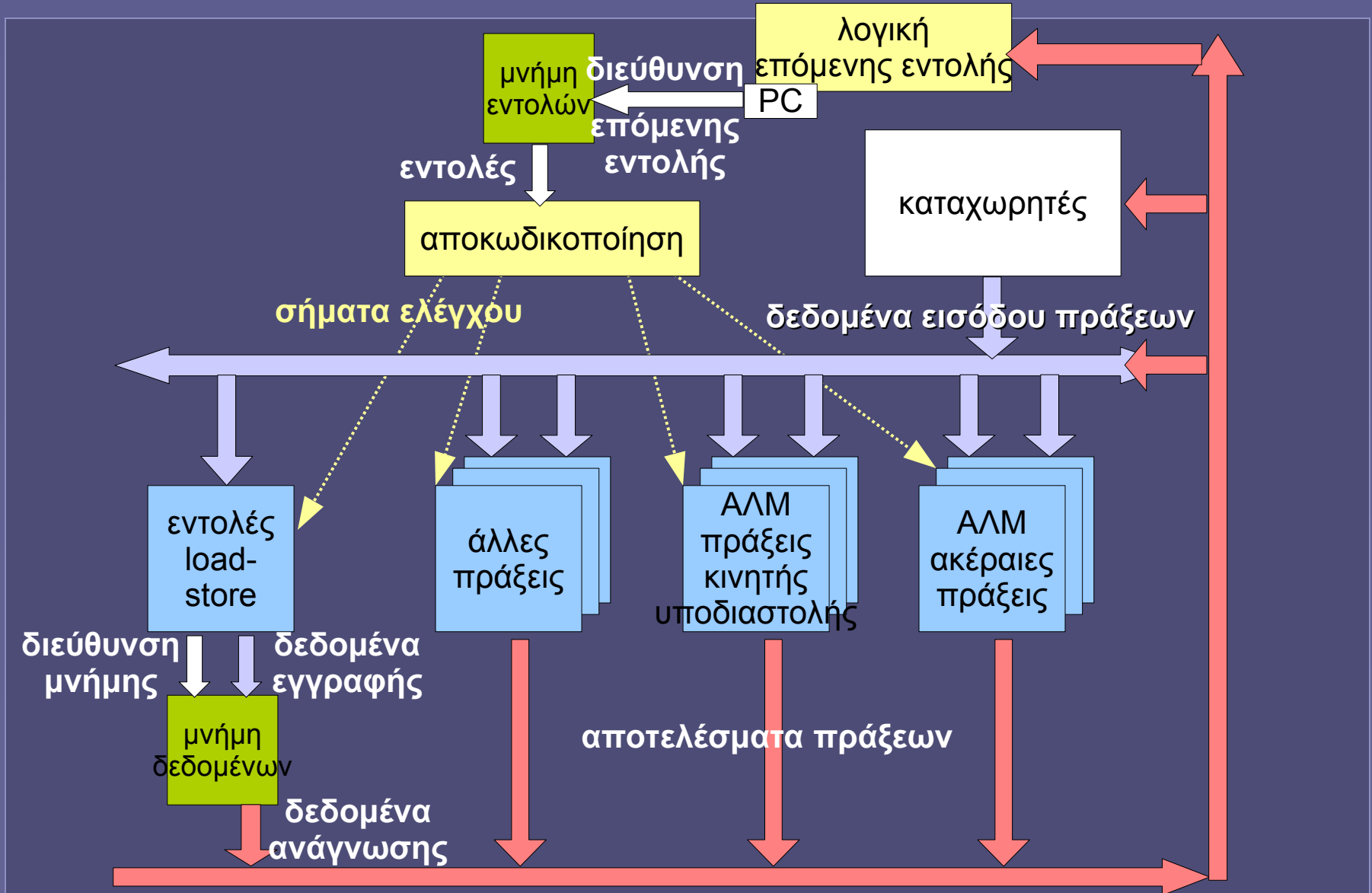
Έλεγχος εκτέλεσης εντολών

- Ποια είναι η επόμενη προς εκτέλεση εντολή;
- Μετρητής προγράμματος (Program Counter – PC ή Instruction Pointer – IP)
 - Καταχωρητής ειδικού σκοπού, περιέχει τη διεύθυνση στη μνήμη της επόμενης εντολής
 - Κατά την εκτέλεση της τρέχουσας εντολής αυξάνεται αυτόματα για να «δείχνει» στην επόμενη εντολή
 - Οι εντολές ενός προγράμματος εκτελούνται **σειριακά**
 - Η μια μετά την άλλη, όπως βρίσκονται διαδοχικά αποθηκευμένες στη μνήμη

Διακλαδώσεις (branches)

- Πώς αλλάζει η σειριακή ροή εκτέλεσης;
 - Απαραίτητο για την υλοποίηση δομών `if ... then ... else`
 - Αλλά και των πιο σύνθετων δομών επανάληψης (`while`, `for`, κλπ)
 - Θα πρέπει να υπάρχει τρόπος ο `program counter (PC)` να μπορεί να πάρει κάποια διαφορετική τιμή
 - Όχι τη διεύθυνση της εντολής που ακολουθεί
 - Αλλά τη διεύθυνση άλλου σημείου του προγράμματος
- Εντολές **διακλάδωσης (branch)**
 - Αν ισχύει κάποια συνθήκη, φόρτωση του `PC` με διαφορετική τιμή που ορίζεται από την εντολή διακλάδωσης
 - Η ροή εκτέλεσης μεταβαίνει σε άλλο σημείο του προγράμματος

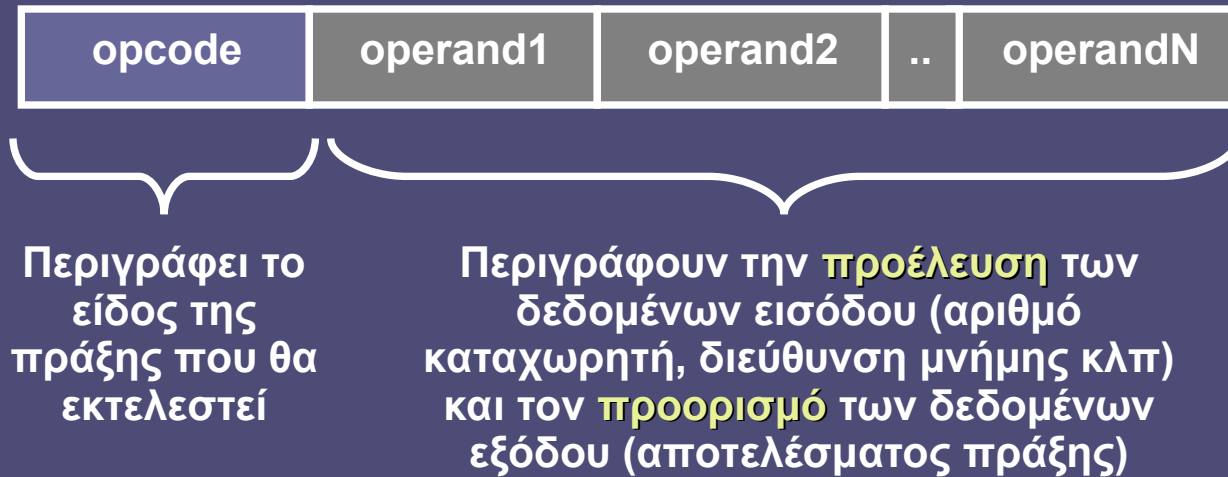
Η σύγχρονη Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας



Αρχιτεκτονική συνόλου εντολών

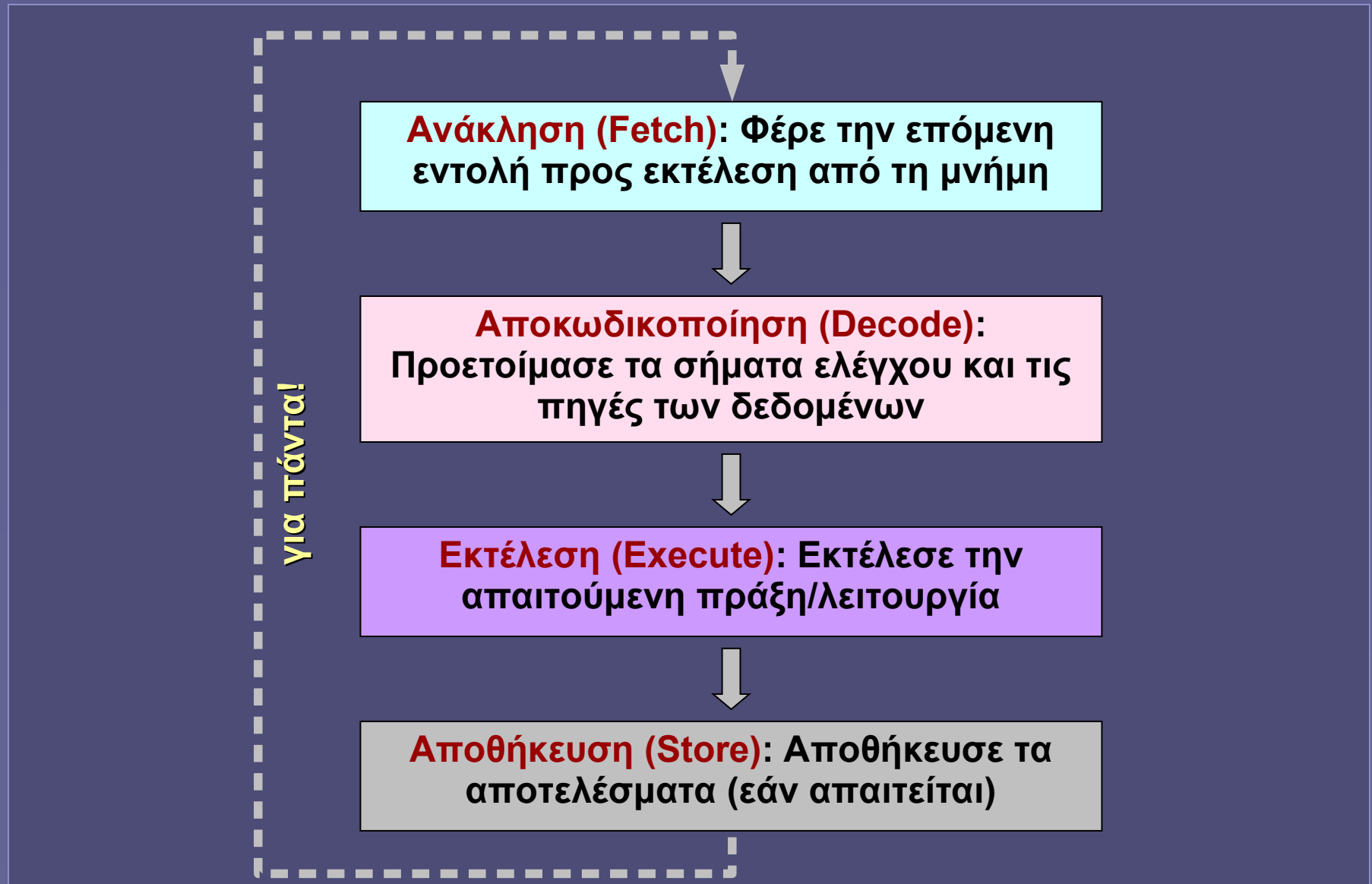
- Τι πρέπει να ξέρουμε για να προγραμματίσουμε έναν επεξεργαστή (instruction set architecture – ISA)
 - Ποιες είναι οι διαθέσιμες εντολές μηχανής
 - Τύποι και προέλευση δεδομένων
 - Ποιους καταχωρητές χρησιμοποιούμε
 - Ποιο το μοντέλο της διαθέσιμης μνήμης
 - Σήμερα: ενιαίος χώρος μνήμης ανά πρόγραμμα, από τη διεύθυνση 0 έως τη μέγιστη δυνατή
 - Πώς αντιδρά ο επεξεργαστής σε εξωτερικές διακοπές και καταστάσεις σφάλματος

Τι περιγράφουν τα bits μιας εντολής μηχανής;

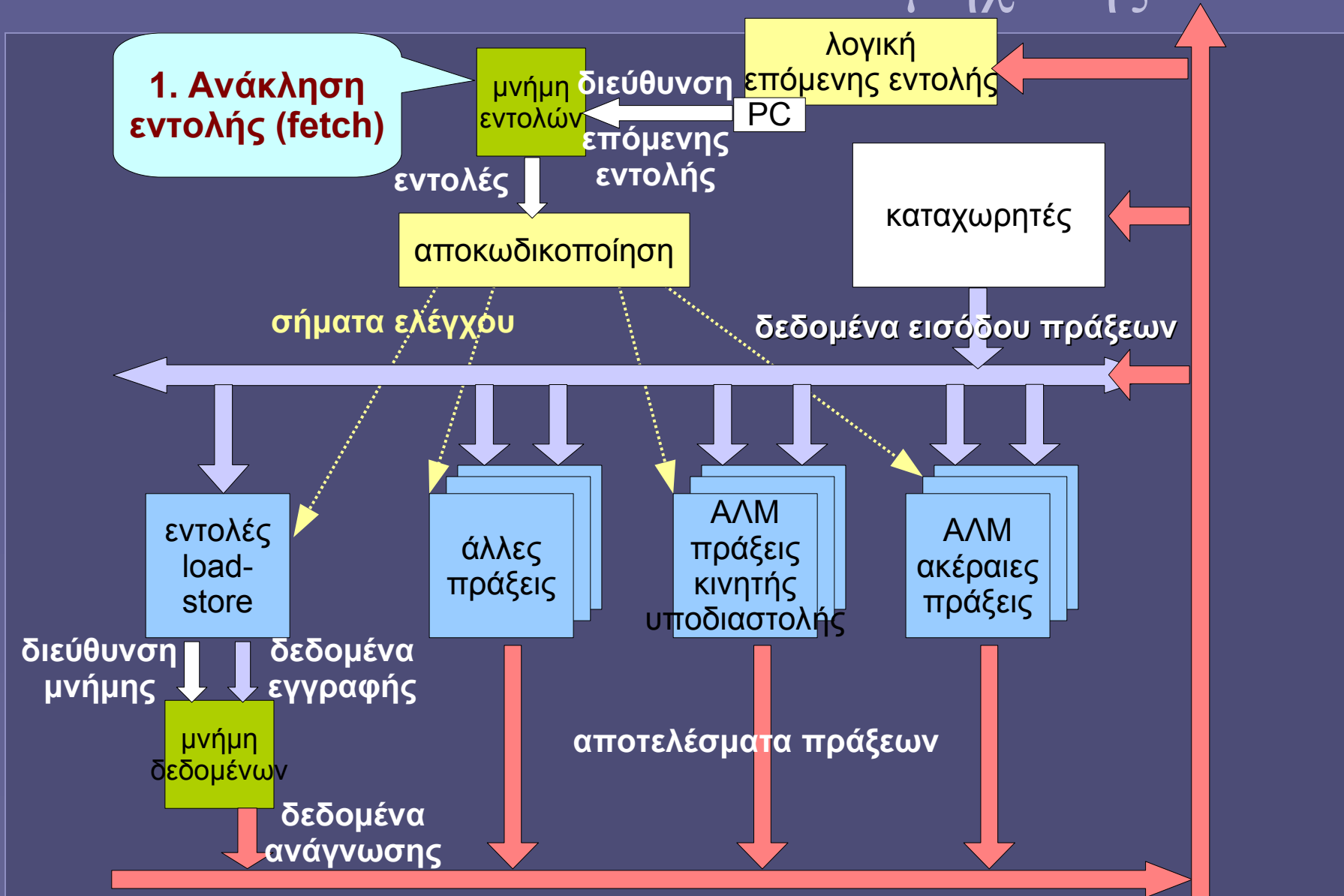


- Το είδος της πράξης προσδιορίζει
 - τον **τύπο**, των δεδομένων (π.χ. ακέραιοι ή δεκαδικοί)
 - την **προέλευση** των δεδομένων (π.χ. από καταχωρητή ή από τη μνήμη ή μια σταθερή τιμή)
 - και τον **αριθμό** των δεδομένων που συμμετέχουν στην πράξη

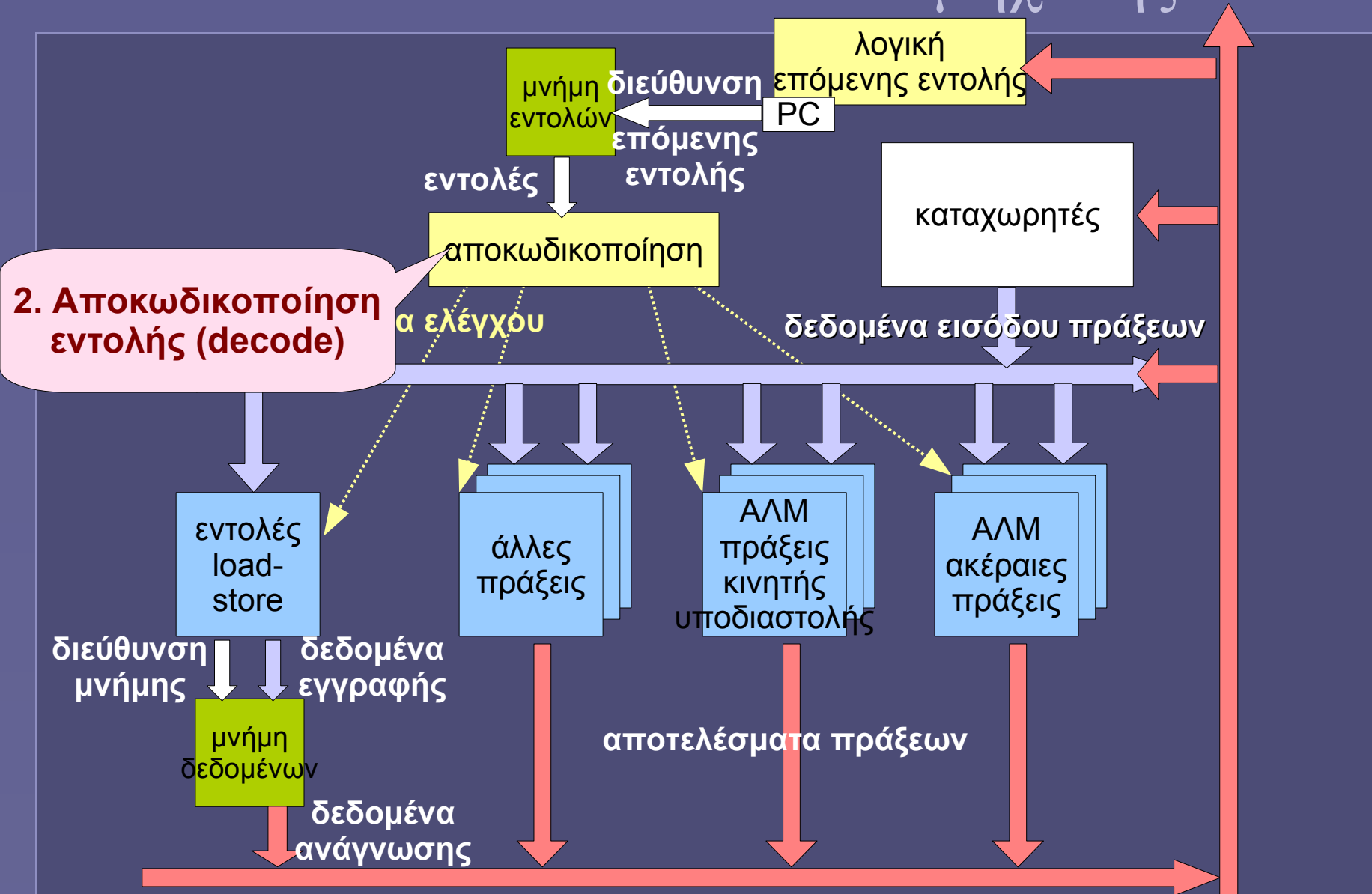
Εκτέλεση εντολών: ο κύκλος μηχανής



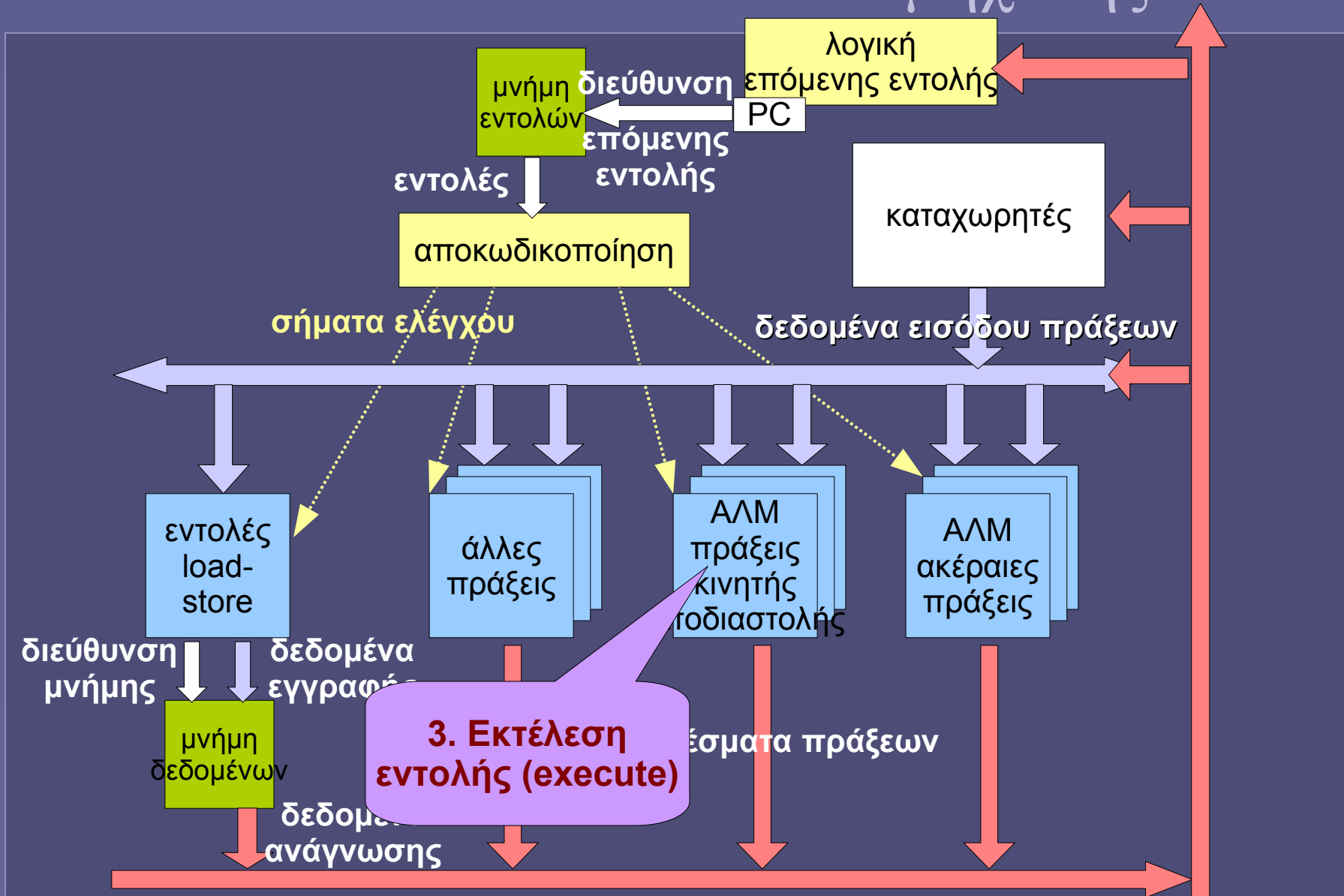
Τα στάδια του κύκλου μηχανής



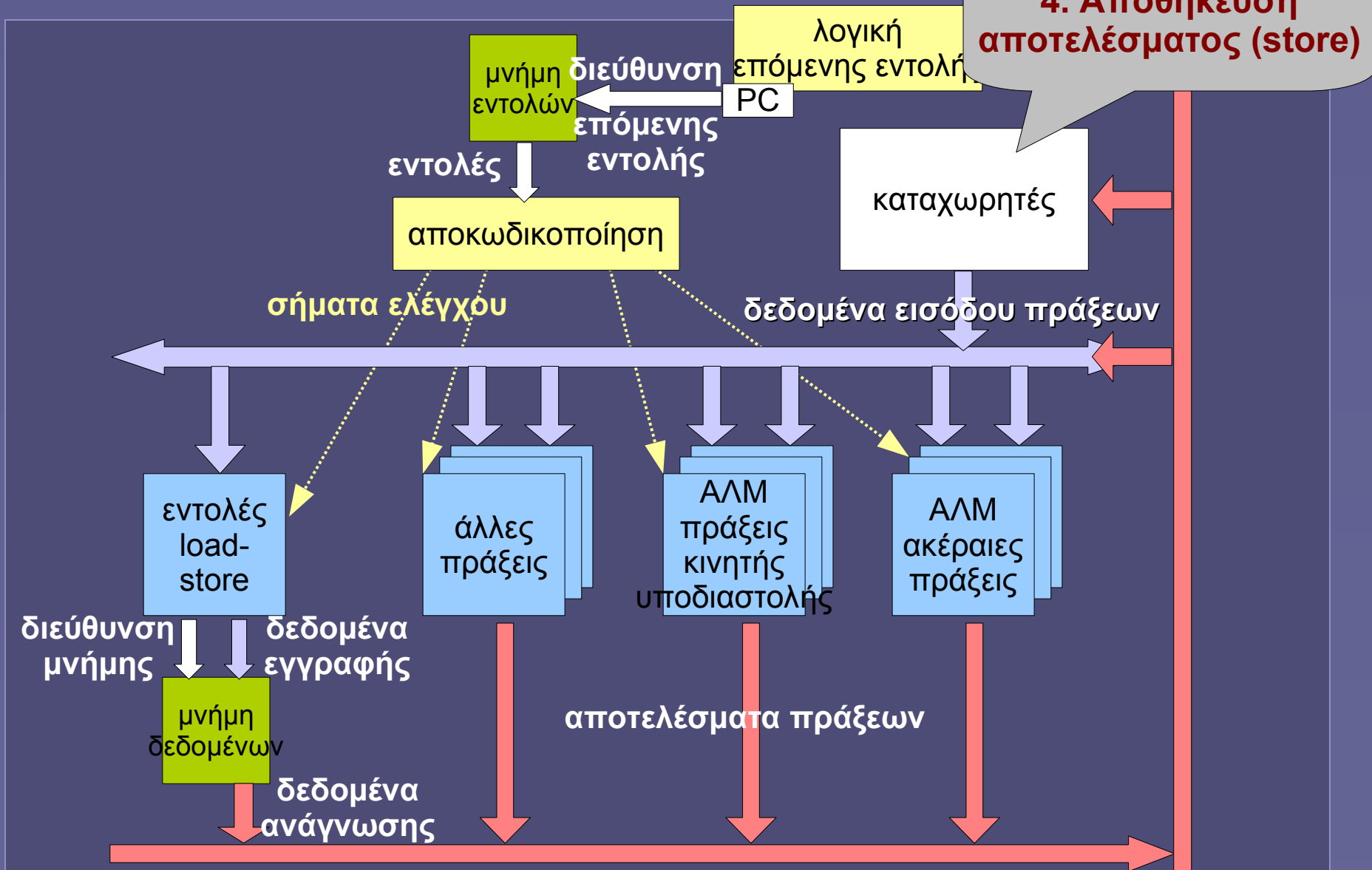
Τα στάδια του κύκλου μηχανής



Τα στάδια του κύκλου μηχανής



Τα στάδια του κύκλου μη



Διακοπές και Σφάλματα

- Ο κύκλος μηχανής επαναλαμβάνεται συνεχώς
 - Είτε με την επόμενη εντολή μηχανής είτε με την εντολή μετά από διακλάδωση
- Εκτός αν συμβεί μια διακοπή ή ένα σφάλμα
 - **Διακοπή (interrupt)**: προκαλείται από εξωτερική συσκευή ως αίτηση εξυπηρέτησης, οδηγώντας έναν ακροδέκτη εισόδου του επεξεργαστή από 0 σε 1 (ή ανάποδα).
 - **Σφάλμα (exception)**: κατά την εκτέλεση μιας εντολής μηχανής, λόγω π.χ. διαίρεσης δια 0, προσπέλασης άκυρης διεύθυνσης μνήμης κ.ά.

Αντίδραση σε διακοπές

- Διακόπτεται το εκτελούμενο πρόγραμμα
 - Αφού ολοκληρωθεί η τρέχουσα εντολή
- Αποθηκεύονται οι τιμές των καταχωρητών και ο Program Counter
 - Δηλαδή, η **κατάσταση του προγράμματος**
- Η εκτέλεση μεταβαίνει σε προκαθορισμένη για κάθε είδους διακοπή θέση μνήμης
 - Όπου το λειτουργικό σύστημα έχει τοποθετήσει μια διακλάδωση στη **ρουτίνα εξυπηρέτησης της διακοπής** (interrupt service routine – ISR)
- Με την ολοκλήρωση της ρουτίνας εξυπηρέτησης, η εκτέλεση επιστρέφει στο πρόγραμμα που διακόπηκε
 - Αφού αποκατασταθούν οι αποθηκευμένες τιμές των καταχωρητών