



**Πανεπιστήμιο Αιγαίου**

# Εισαγωγή στην Επιστήμη των Υπολογιστών και Επικοινωνιών

Στοιχεία οργάνωσης υπολογιστών

Σπύρος Κοκολάκης (sak@aegean.gr)

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών  
Συστημάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# 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 Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» 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



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





# Η δομή ενός υπολογιστή

- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)
- Κύρια μνήμη
- Υποσύστημα εισόδου/εξόδου



# Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας ή ΚΜΕ (central processing unit, CPU) εκτελεί λειτουργίες στα δεδομένα.

Στις περισσότερες αρχιτεκτονικές αποτελείται από τρία τμήματα:

- μια αριθμητική και λογική μονάδα (ΑΛΜ),
- μια μονάδα ελέγχου, και
- ένα σύνολο καταχωρητών.



# Η αριθμητική και λογική μονάδα

Η αριθμητική και λογική μονάδα ή ΑΛΜ (arithmetic logic unit, ALU) εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις, και πράξεις μετατόπισης στα δεδομένα.



Καταχωρητές

$R_0$

$R_1$

$R_3$

$R_n$

PC

IR

Μονάδα ελέγχου



# Καταχωρητές

Οι καταχωρητές είναι αυτόνομες θέσεις γρήγορης αποθήκευσης στις οποίες διατηρούνται δεδομένα προσωρινά.

Για να είναι εφικτή η λειτουργία της ΚΜΕ απαιτούνται πολλοί καταχωρητές, όπως:

- Καταχωρητές δεδομένων
- Καταχωρητές εντολών
- Μετρητής προγράμματος



# Η μονάδα ελέγχου

Το τρίτο μέρος της ΚΜΕ είναι η μονάδα ελέγχου. Η μονάδα ελέγχου ελέγχει τη λειτουργία του κάθε υποσυστήματος.

Ο έλεγχος πραγματοποιείται μέσω σημάτων που στέλνονται από τη μονάδα ελέγχου στα άλλα υποσυστήματα.





# Κύρια μνήμη

Η κύρια μνήμη αποτελείται από μια συλλογή θέσεων αποθήκευσης, κάθε μία από τις οποίες διαθέτει ένα μοναδικό αναγνωριστικό που ονομάζεται διεύθυνση.

Τα δεδομένα μεταφέρονται από και προς τη μνήμη σε ομάδες bit που ονομάζονται λέξεις. Μια λέξη μπορεί να είναι μια ομάδα από 8 bit, 16 bit, 32 bit, ή 64 bit (και αυξάνονται συνεχώς). Αν η λέξη είναι 8 bit, τότε αναφέρεται ως byte.



# Χώρος διευθύνσεων

- Για την προσπέλαση μιας λέξης στη μνήμη χρειάζεται ένα αναγνωριστικό. 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.



# Μονάδες μνήμης

Μονάδα	Πλήθος byte	Προσέγγιση
Kilobyte	$2^{10}$ (1024) byte	$10^3$ byte
Megabyte	$2^{20}$ (1.048.576) byte	$10^6$ byte
Gigabyte	$2^{30}$ (1.073.741.824) byte	$10^9$ byte
Terabyte	$2^{40}$ byte	$10^{12}$ byte



# Παραδείγμα 1

Ένας υπολογιστής έχει 32 MB (megabyte) μνήμης. Πόσα bit χρειάζονται για τη διευθυνσιοδότηση κάθε bit της μνήμης;

- Ο χώρος διευθύνσεων της μνήμης είναι 32 MB, ή 225 (25 × 220). Αυτό σημαίνει ότι για τη διευθυνσιοδότηση κάθε byte απαιτούνται  $\log_2 225$ , ή **25 bit**



## Παραδείγμα 2

Ένας υπολογιστής έχει 128 MB μνήμης. Κάθε λέξη σε αυτόν τον υπολογιστή είναι οκτώ byte. Πόσα bit χρειάζονται για τη διευθυνσιοδότηση κάθε λέξης της μνήμης;

- Ο χώρος διευθύνσεων της μνήμης είναι 128 MB, δηλαδή  $2^{27}$ . Όμως κάθε λέξη είναι οκτώ (8) byte, το οποίο σημαίνει ότι έχουμε 224 λέξεις. Επομένως, για τη διευθυνσιοδότηση κάθε λέξης απαιτούνται  $\log_2 224$ , ή **24 bit**.



# Τύποι μνήμης

## 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)

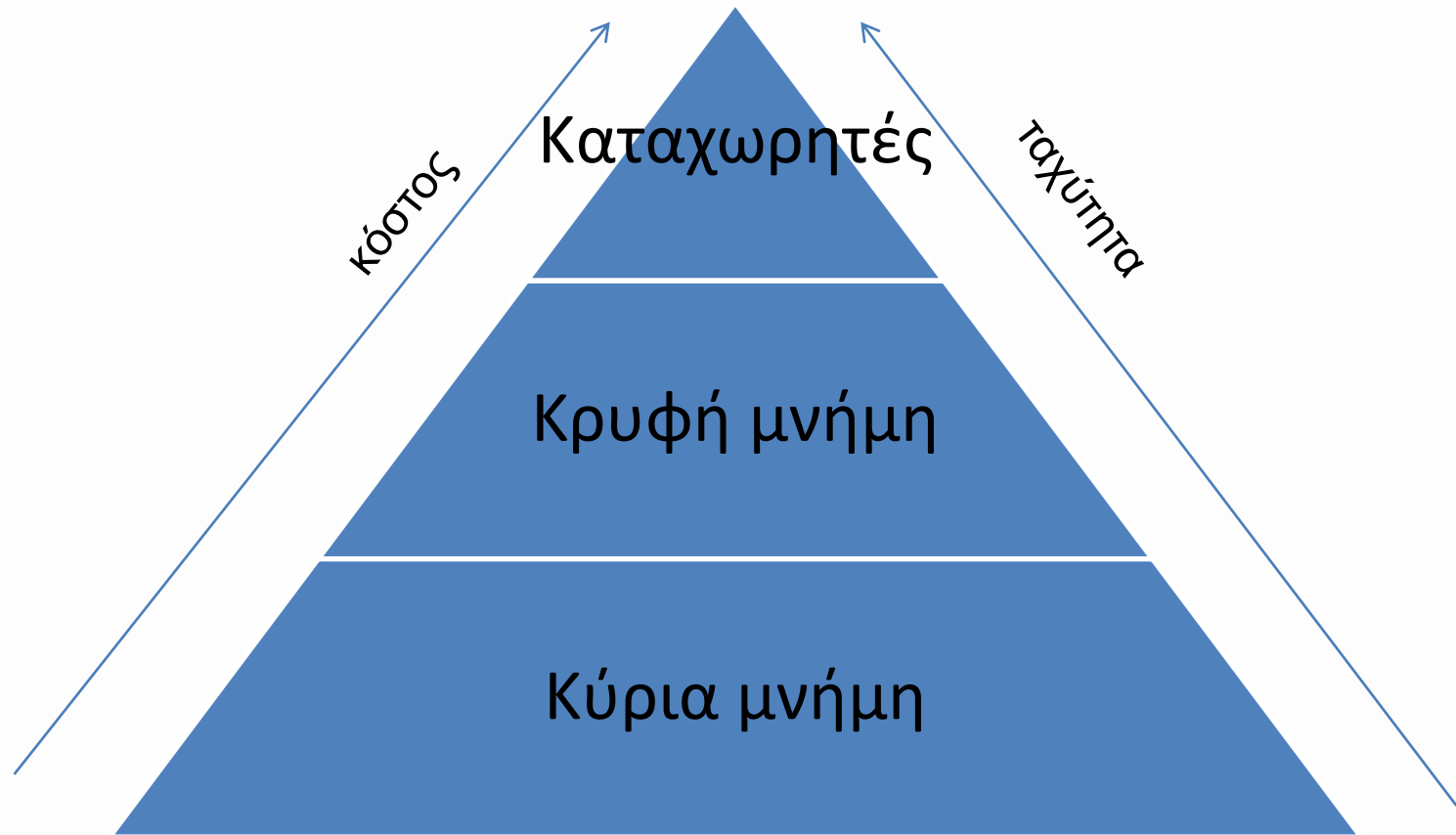


# Ιεραρχία μνήμης

Οι χρήστες υπολογιστών χρειάζονται μεγάλες ποσότητες μνήμης, που είναι γρήγορη και φτηνή. Αυτή η απαίτηση δεν είναι δυνατόν να ικανοποιείται πάντοτε, αφού η πολύ γρήγορη μνήμη συνήθως δεν είναι φθηνή, οπότε πρέπει να γίνεται κάποιος συμβιβασμός. Τη λύση προσφέρουν τα ιεραρχικά επίπεδα μνήμης.



# Ιεραρχία μνήμης







# Κρυφή μνήμη

Η κρυφή μνήμη (cache memory) είναι γρηγορότερη από την κύρια μνήμη, αλλά πιο αργή από την ΚΜΕ και τους καταχωρητές της.

Η κρυφή μνήμη, η οποία συνήθως έχει μικρό μέγεθος, μεσολαβεί μεταξύ της ΚΜΕ και της κύριας μνήμης.



# Υποσύστημα εισόδου/εξόδου

- Το τρίτο βασικό υποσύστημα ενός υπολογιστή είναι η ομάδα συσκευών που αναφέρεται ως υποσύστημα εισόδου/εξόδου.
- Επιτρέπει σε έναν υπολογιστή να επικοινωνεί με τον έξω κόσμο και να διατηρεί προγράμματα και δεδομένα ακόμα και όταν είναι κλειστός.
- Οι συσκευές εισόδου/εξόδου χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στις **μη αποθηκευτικές** και στις **αποθηκευτικές**.



# Μη αποθηκευτικές συσκευές

Οι μη αποθηκευτικές συσκευές επιτρέπουν στην ΚΜΕ και τη μνήμη να επικοινωνούν με τον έξω κόσμο, αλλά δεν μπορούν να αποθηκεύσουν πληροφορίες. Παράδειγμα:

- Πληκτρολόγιο και οθόνη
- Εκτυπωτής



# Αποθηκευτικές συσκευές

- Οι αποθηκευτικές συσκευές, αν και θεωρούνται συσκευές Εισόδου/Εξόδου, μπορούν να φιλοξενήσουν μεγάλες ποσότητες πληροφοριών για μελλοντική ανάκτηση.
- Είναι φτηνότερες από την κύρια μνήμη, και τα περιεχόμενά τους είναι μη πτητικά, δηλαδή δεν διαγράφονται με τη διακοπή παροχής ρεύματος.
- Μερικές φορές αναφέρονται ως βοηθητικές αποθηκευτικές συσκευές. Είναι, κυρίως, **μαγνητικές** και **οπτικές**.



# Ταχύτητες CD-ROM

<b>Ταχύτητα</b>	<b>Ρυθμός ανάγνωσης δεδομένων</b>	<b>Προσέγγιση</b>
1x	153.600 byte ανά δευτερόλεπτο	150 KB/s
2x	307.200 byte ανά δευτερόλεπτο	300 KB/s
4x	614.400 byte ανά δευτερόλεπτο	600 KB/s
6x	921.600 byte ανά δευτερόλεπτο	900 KB/s
8x	1.228.800 byte ανά δευτερόλεπτο	1,2 MB/s
12x	1.843.200 byte ανά δευτερόλεπτο	1,8 MB/s
16x	2.457.600 byte ανά δευτερόλεπτο	2,4 MB/s
24x	3.688.400 byte ανά δευτερόλεπτο	3,6 MB/s
32x	4.915.200 byte ανά δευτερόλεπτο	4,8 MB/s
40x	6.144.000 byte ανά δευτερόλεπτο	6 MB/s



# Χωρητικότητες DVD

<b>Είδος</b>	<b>Χωρητικότητα</b>
μονής πλευράς, μονής στρώσης	4,7 GB
μονής πλευράς, διπλής στρώσης	8,5 GB
διπλής πλευράς, μονής στρώσης	9,4 GB
διπλής πλευράς, διπλής στρώσης	17 GB



# Διασύνδεση υποσυστημάτων

Στις προηγούμενες ενότητες περιγράφηκαν τα χαρακτηριστικά των τριών υποσυστημάτων (ΚΜΕ, κύρια μνήμη, και Ε/Ε) σε έναν αυτόνομο υπολογιστή.

Σε αυτή την ενότητα θα δούμε τον τρόπο με τον οποίο διασυνδέονται τα τρία αυτά υποσυστήματα.

Η διασύνδεση παίζει σημαντικό ρόλο, επειδή τα τρία υποσυστήματα πρέπει να ανταλλάσσουν πληροφορίες.



# Σύνδεση ΚΜΕ και μνήμης

Η ΚΜΕ και η μνήμη συνήθως συνδέονται μεταξύ τους μέσω τριών ομάδων γραμμών επικοινωνίας, οι οποίες ονομάζονται δίαυλοι:

- τον δίαυλο δεδομένων,
- τον δίαυλο διευθύνσεων, και
- τον δίαυλο ελέγχου.





# Σύνδεση συσκευών Εισόδου/Εξόδου (Ε/Ε)

- Οι συσκευές Ε/Ε δεν είναι δυνατό να συνδεθούν απευθείας στους διαύλους που συνδέουν την ΚΜΕ με τη μνήμη, επειδή η φύση των συσκευών αυτών είναι διαφορετική από τη φύση της ΚΜΕ και της μνήμης.
- Οι συσκευές Ε/Ε λειτουργούν σε αρκετά μικρότερη ταχύτητα από ό,τι η ΚΜΕ και η μνήμη, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας ενδιάμεσης συσκευής για τον χειρισμό αυτής της διαφοράς.



# Σύνδεση συσκευών Εισόδου/Εξόδου (Ε/Ε)

- Για τον λόγο αυτό, οι συσκευές Ε/Ε συνδέονται με τους διαύλους μέσω μιας συσκευής που ονομάζεται ελεγκτής εισόδου/εξόδου ή διασύνδεση (interface).
- Κάθε συσκευή εισόδου/εξόδου έχει τον δικό της ελεγκτή.



# Διευθυνσιοδότηση συσκευών εισόδου/εξόδου

- Η ΚΜΕ συνήθως χρησιμοποιεί τον ίδιο δίαυλο για την ανάγνωση ή την εγγραφή δεδομένων στην κύρια μνήμη και τις συσκευές Ε/Ε.
- Η μοναδική διαφορά είναι η εντολή. Αν η εντολή αναφέρεται σε κάποια λέξη της κύριας μνήμης, η μεταφορά δεδομένων γίνεται μεταξύ κύριας μνήμης και ΚΜΕ. Αν η εντολή προσδιορίζει κάποια συσκευή Ε/Ε, η μεταφορά δεδομένων γίνεται μεταξύ της συσκευής Ε/Ε και της ΚΜΕ.



# Διευθυνσιοδότηση συσκευών εισόδου/εξόδου

- Για τον χειρισμό της διευθυνσιοδότησης των συσκευών E/E υπάρχουν δύο μέθοδοι:
  - η απομονωμένη E/E και
  - η αντιστοιχισμένη στη μνήμη E/E.



# Εκτέλεση προγραμμάτων

Σήμερα, η επεξεργασία των δεδομένων από τους **υπολογιστές γενικής χρήσης** γίνεται με τη χρήση ενός συνόλου εντολών που ονομάζεται **πρόγραμμα**.

Ο υπολογιστής εκτελεί το πρόγραμμα για να δημιουργήσει δεδομένα εξόδου χρησιμοποιώντας δεδομένα εισόδου. Τόσο το πρόγραμμα όσο και τα δεδομένα αποθηκεύονται στη μνήμη.



# Κύκλος μηχανής

Η ΚΜΕ χρησιμοποιεί επαναλαμβανόμενους **κύκλους μηχανής** (machine cycles) για να εκτελέσει τις εντολές ενός προγράμματος μία προς μία, από την αρχή μέχρι το τέλος. Ένας απλοποιημένος κύκλος αποτελείται από τρεις φάσεις:

- ανάκληση (fetch),
- αποκωδικοποίηση (decode), και
- εκτέλεση (execute).



# Λειτουργία εισόδου/εξόδου

Για τη μεταφορά δεδομένων από συσκευές E/E στην ΚΜΕ και τη μνήμη απαιτούνται εντολές. Επειδή οι συσκευές εισόδου/εξόδου λειτουργούν σε πολύ μικρότερες ταχύτητες από την ΚΜΕ, η λειτουργία της ΚΜΕ πρέπει με κάποιον τρόπο να συγχρονίζεται με τη δική τους. Για τον συγχρονισμό αυτό έχουν αναπτυχθεί τρεις μέθοδοι:

- η προγραμματισμένη E/E,
- η οδηγούμενη από διακοπές E/E, και
- η άμεση προσπέλαση μνήμης (DMA).



# Διάφορες αρχιτεκτονικές

Η αρχιτεκτονική και η οργάνωση των υπολογιστών έχουν περάσει από πολλές αλλαγές κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών. Σε αυτή την ενότητα θα περιγράψουμε ορισμένες αρχιτεκτονικές και τρόπους οργάνωσης που διαφέρουν από την απλή αρχιτεκτονική υπολογιστών την οποία περιγράψαμε νωρίτερα.





# CISC

- Το ακρωνύμιο CISC προέρχεται από τη φράση *complex instruction set computer*, δηλαδή υπολογιστής σύνθετου συνόλου εντολών.
- Η στρατηγική στην οποία βασίζονται οι αρχιτεκτονικές CISC είναι η ύπαρξη ενός μεγάλου συνόλου εντολών, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται και σύνθετες.
- Ο προγραμματισμός σε CISC είναι πιο εύκολος από ό,τι σε άλλους σχεδιασμούς, επειδή υπάρχει μία εντολή για κάθε απλή ή σύνθετη εργασία.



# RISC

- Το ακρωνύμιο RISC προέρχεται από τη φράση *reduced instruction set computer*, δηλαδή υπολογιστής περιορισμένου συνόλου εντολών.
- Η στρατηγική στην οποία βασίζεται η αρχιτεκτονική RISC είναι η ύπαρξη ενός μικρού συνόλου εντολών, οι οποίες πραγματοποιούν ένα ελάχιστο πλήθος απλών λειτουργιών.
- Ο προγραμματισμός σε RISC είναι πιο δύσκολος και χρονοβόρος από ό,τι σε CISC, επειδή οι πιο σύνθετες εντολές προσομοιώνονται από απλές.



# Διοχέτευση

- Έχουμε μάθει ότι, για κάθε εντολή, ο υπολογιστής χρησιμοποιεί τις τρεις φάσεις της ανάκλησης, αποκωδικοποίησης, και εκτέλεσης.
- Στους πρώτους υπολογιστές, οι φάσεις αυτές έπρεπε να ολοκληρώνονται με τη σειρά για κάθε εντολή. Με άλλα λόγια, πριν ξεκινήσουν οι φάσεις της εντολής  $n + 1$  πρέπει να ολοκληρωθούν και οι τρεις φάσεις της εντολής  $n$ .



# Διοχέτευση

- Στους σύγχρονους υπολογιστές χρησιμοποιείται μια τεχνική που ονομάζεται **διοχέτευση** (pipelining), η οποία βελτιώνει τη διεκπεραιωτική ικανότητά τους (δηλαδή ο συνολικός αριθμός των εντολών που μπορούν να εκτελεστούν σε κάθε χρονική περίοδο).
- Η τεχνική αυτή βασίζεται στην ιδέα ότι, αν η μονάδα ελέγχου μπορεί να διεκπεραιώνει δύο από αυτές τις φάσεις ή και τις τρεις, τότε η επόμενη εντολή μπορεί να ξεκινήσει πριν ολοκληρωθεί η προηγούμενη.

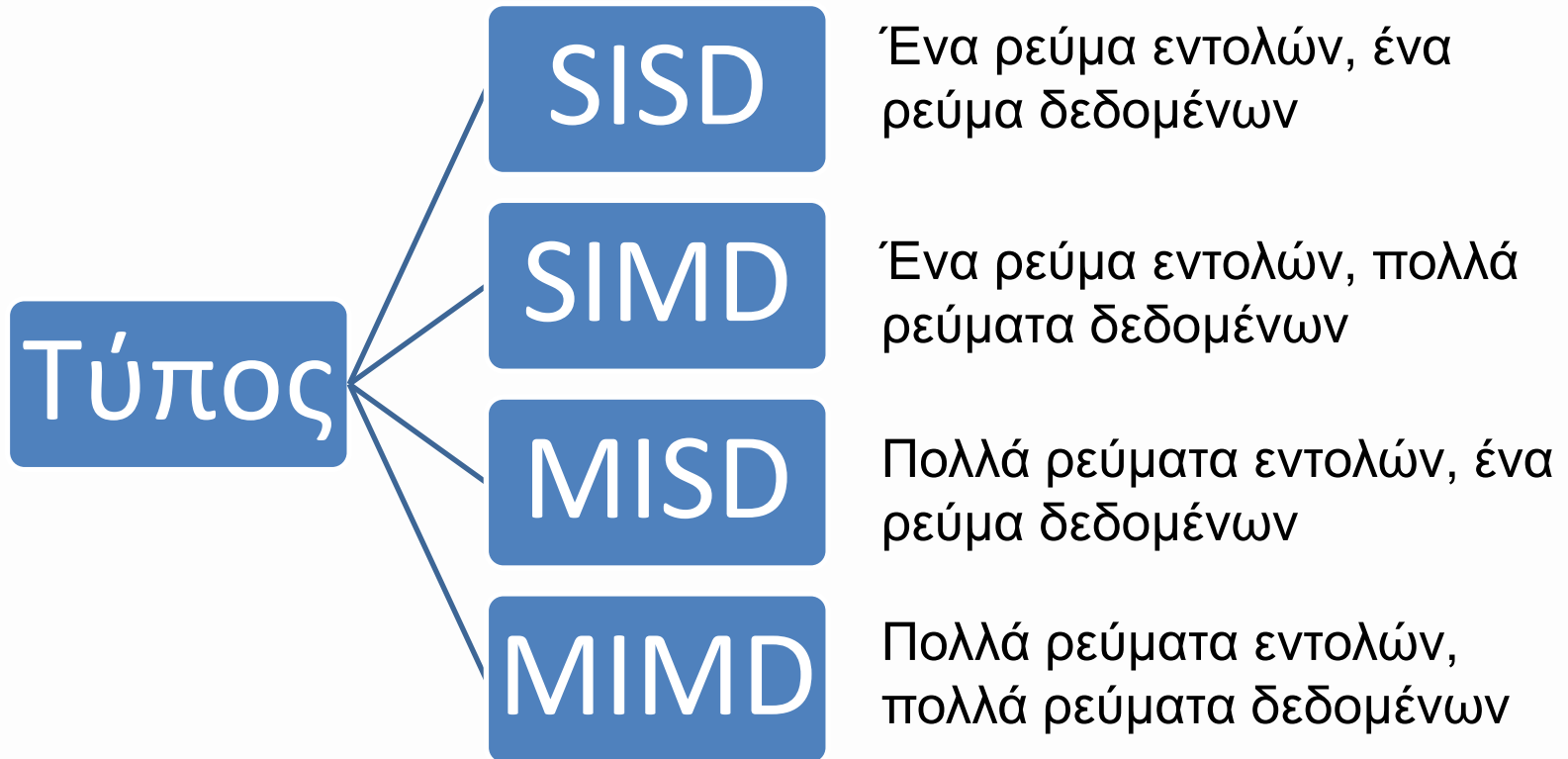


# Παράλληλη επεξεργασία

- Παραδοσιακά, οι υπολογιστές διέθεταν μία μονάδα ελέγχου, μία αριθμητική και λογική μονάδα, και μία μονάδα μνήμης.
- Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την πτώση του κόστους του υλικού υπολογιστών, σήμερα υπάρχουν διαθέσιμοι υπολογιστές με πολλές μονάδες ελέγχου, πολλές αριθμητικές και λογικές μονάδες, και πολλές μονάδες μνήμης.
- Η ιδέα αυτή αναφέρεται ως **παράλληλη επεξεργασία**.



# Παράλληλη επεξεργασία





# Σύνοψη

- Αρχιτεκτονική υπολογιστών
  - Τα μέρη που απαρτίζουν έναν υπολογιστή
  - Διασύνδεση
  - Εκτέλεση προγραμμάτων
  - Διαφορετικές αρχιτεκτονικές

