

Κεφάλαιο



Κατηγορίες Υπολογιστικών Συστημάτων

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι να παρουσιάσει την εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων, τις κατηγορίες τους και τον ιεραρχικό τρόπο οργάνωσής τους· επίσης να σε ενημερώσει για τα ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Όταν ολοκληρώσεις το κεφάλαιο αυτό, θα μπορείς:

- ♦ Να περιγράφεις από τι αποτελείται ένα υπολογιστικό σύστημα και πώς είναι οργανωμένο.
- ♦ Να αναφέρεις τις τεχνολογίες των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.
- ♦ Να απαριθμείς τις γενιές και τις κατηγορίες των υπολογιστικών συστημάτων.

Μαθήματα

1.1 Οργάνωση και Εξέλιξη των Υπολογιστικών Συστημάτων

Μάθημα 1.1

Οργάνωση και Εξέλιξη των Υπολογιστικών Συστημάτων

Σκοπός του μαθήματος αυτού είναι να παρουσιάσει τα τμήματα και τα επίπεδα ιεραρχίας ενός υπολογιστικού συστήματος, την εξέλιξη των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων καθώς και των υπολογιστικών συστημάτων.

Σκοπός του
μαθήματος

Όταν ολοκληρώσεις το μάθημα αυτό, θα μπορείς:

- ◆ Να αναφέρεις από τι αποτελείται ένα υπολογιστικό σύστημα
- ◆ Να περιγράψεις πώς γίνεται η ιεραρχική οργάνωση στα υπολογιστικά συστήματα
- ◆ Να εξηγήσεις τι είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα
- ◆ Να αναφέρεις τις τεχνολογίες των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων
- ◆ Να απαριθμήσεις τις γενιές των υπολογιστικών συστημάτων
- ◆ Να κατονομάζεις τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα υπολογιστικά συστήματα με βάση τις δυνατότητές τους

Τι θα μάθεις;

Κάθε υπολογιστικό σύστημα αποτελείται από το υλικό (hardware) και το λογισμικό (software).

Το *υλικό* (hardware) του υπολογιστή είναι το σύνολο των συσκευών που απαρτίζουν το υπολογιστικό σύστημα.

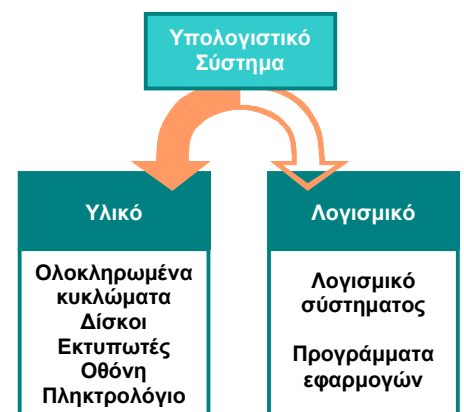
Το υλικό λοιπόν περιλαμβάνει τα ολοκληρωμένα κυκλώματα του υπολογιστή, τους δίσκους, τους εκτυπωτές, την οθόνη κλπ.

Το *λογισμικό* (software) ορίζεται ως το σύνολο των προγραμμάτων, τα οποία μπορούν να εκτελεστούν από το υπολογιστικό σύστημα.

Αν και τα προγράμματα μπορεί να είναι αποθηκευμένα σε μέσα όπως οι δίσκοι, εντούτοις το λογισμικό δεν ταυτίζεται με τα μέσα αυτά, αλλά με τις εντολές που είναι αποθηκευμένες στα μέσα και συνιστούν τα προγράμματα.

Το λογισμικό αποτελείται από το *λογισμικό του συστήματος* (system software) και το *λογισμικό των εφαρμογών* (application software).

- ⇒ Το **λογισμικό του συστήματος** (το μεγαλύτερο μέρος του οποίου είναι το λειτουργικό σύστημα) λειτουργεί ως σύνδεσμος ανάμεσα στο χρήστη και στο υλικό, με σκοπό τη διευκόλυνση του χρήστη και την αποδοτικότερη λειτουργία του υπολογιστικού συστήματος.



- ⇒ Το **λογισμικό των εφαρμογών** είναι τα προγράμματα που γράφονται για να καλύψουν τις ειδικές ανάγκες των χρηστών και καθορίζουν τον τρόπο που θα χρησιμοποιηθεί ο υπολογιστής για την επίλυση συγκεκριμένων υπολογιστικών προβλημάτων.

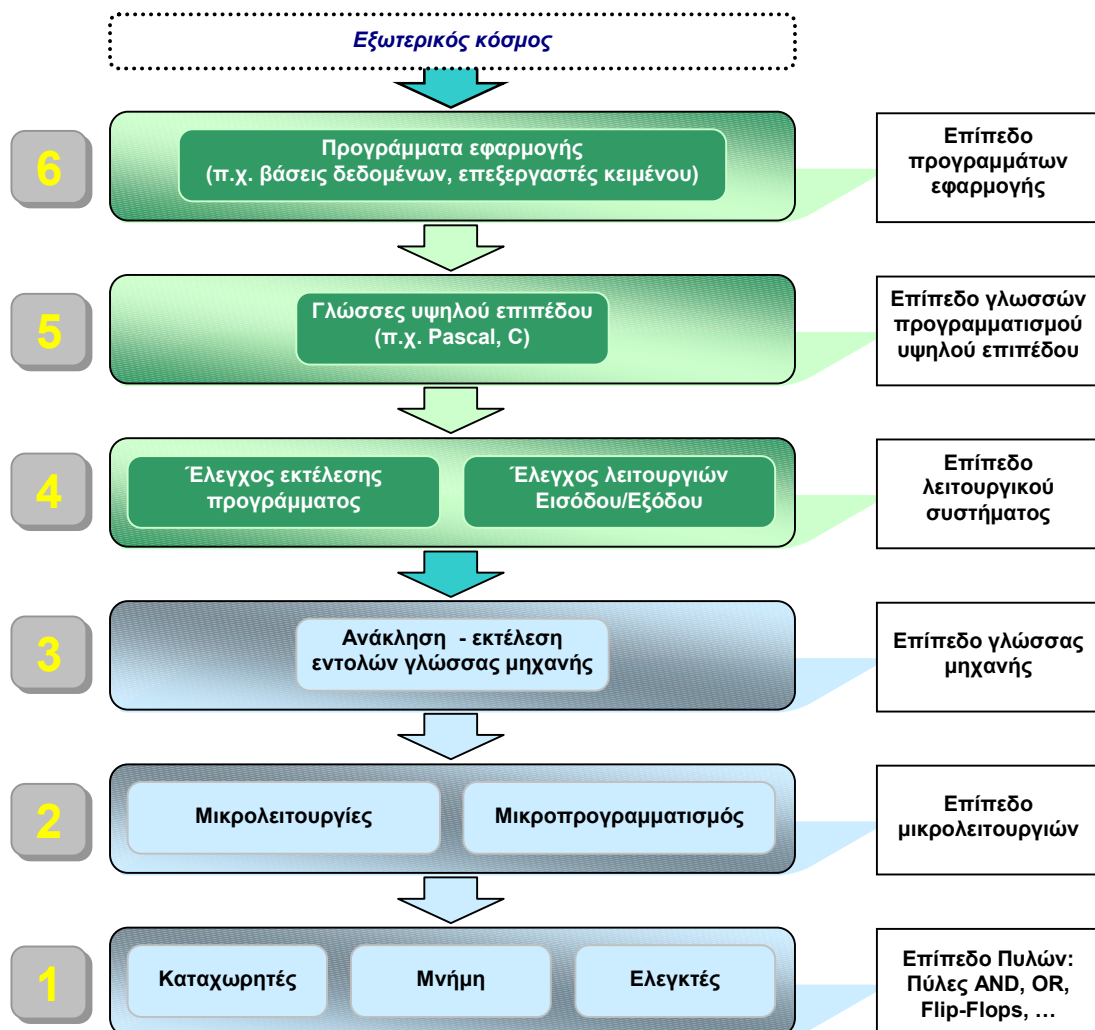
Ιεραρχική οργάνωση των υπολογιστικών συστημάτων

Τα υπολογιστικά συστήματα χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και ιεραρχική οργάνωση.

Η **πολυπλοκότητα** των υπολογιστικών συστημάτων οφείλεται στο ότι αποτελούνται από πολλά μέρη, τα οποία αλληλεπιδρούν δυναμικά μεταξύ τους.

Η **ιεραρχική οργάνωση** των υπολογιστικών συστημάτων είναι απαραίτητη εξαιτίας της πολυπλοκότητας αυτής. Τα τμήματα του υπολογιστικού συστήματος κατανέμονται σε οργανωτικά «επίπεδα». Η λειτουργία κάθε επιπέδου στηρίζεται στη λειτουργία των χαμηλότερων επιπέδων, και με τη σειρά του κάθε επίπεδο βοηθά στη λειτουργία των ανωτέρων του επιπέδων. Κάθε ένα από τα επίπεδα μπορεί να σχεδιαστεί, να υλοποιηθεί, να μελετηθεί και να κατανοηθεί ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα.

Στο σχήμα βλέπουμε ένα τρόπο ανάλυσης ενός υπολογιστικού συστήματος σε επίπεδα ιεραρχίας.



Επίπεδα ιεραρχίας

Τα επίπεδα 1, 2 και 3 που βλέπουμε στο προηγούμενο σχήμα αφορούν το υλικό του υπολογιστικού συστήματος.

- 1** Το **επίπεδο 1**, αυτό των πυλών (gates), είναι το χαμηλότερο επίπεδο στην ιεραρχία. Στο επίπεδο αυτό οι βασικές λειτουργίες επιτελούνται από στοιχειώδη λογικά κυκλώματα όπως καταχωρητές, μνήμες, ελεγκτές λογικών κυκλωμάτων κλπ.
Στο επίπεδο 1 υπάρχουν οι βασικές δομικές μονάδες από τις οποίες συντίθεται ένα υπολογιστικό σύστημα και ονομάζονται *λογικά κυκλώματα* (logical circuits), δηλαδή οι λογικές πύλες, τα flip-flops, οι καταχωρητές κ.ά.
- 2** Το **επίπεδο 2** αφορά τις στοιχειώδεις *μικρολειτουργίες* (microoperations) που επιτελούνται στο υπολογιστικό σύστημα (π.χ. μεταφορά πληροφοριών). Για την υλοποίηση των μικρολειτουργιών απαιτείται η ύπαρξη των βασικών κυκλωμάτων του επιπέδου 1.
- 3** Το **επίπεδο 3** αφορά τη διαδικασία της ανάκλησης από τη μνήμη και της εκτέλεσης εντολών γλώσσας μηχανής. Για τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται οι μικρολειτουργίες του επιπέδου 2.

Τα **επίπεδα 4, 5 και 6** περιλαμβάνουν το λογισμικό, δηλαδή το λειτουργικό σύστημα, τις γλώσσες υψηλού επιπέδου και τα προγράμματα εφαρμογής, αντίστοιχα.

Κάθε ένα επίπεδο μπορεί να αναλυθεί σε άλλα, λεπτομερέστερα, επίπεδα ιεραρχίας.

Στο βιβλίο αυτό θα ασχοληθούμε κυρίως με τα επίπεδα 3 και 4.

Ολοκληρωμένα κυκλώματα

Η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα των ηλεκτρονικών έχει κάνει δυνατή την κατασκευή πολύπλοκων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων σε ένα μικρό τεμάχιο ημιαγωγού (π.χ. πυριτίου) διαστάσεων μερικών τετραγωνικών χιλιοστών, στο οποίο με κατάλληλες τεχνικές σχηματίζονται τα διάφορα στοιχεία, όπως κρυσταλλοδίοδοι, κρυσταλλοτρίοδοι, πυκνωτές, καθώς και οι συνδέσεις τους. Τα στοιχεία αυτά σχηματίζουν ένα *ολοκληρωμένο κύκλωμα* (Integrated Circuit, IC). Η όλη κατασκευή τοποθετείται σε μεταλλική ή πλαστική συσκευασία που αποτελεί τη λεγόμενη *ψηφίδα* (chip). Η ψηφίδα επικοινωνεί με άλλα κυκλώματα με εξωτερικούς ακροδέκτες, τις ακίδες. Το μέγεθος μίας ψηφίδας είναι μερικά τετραγωνικά εκατοστά, μαζί με το πλαστικό της περίβλημα και τους ακροδέκτες.

Μια από τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες οικογένειες ολοκληρωμένων κυκλωμάτων είναι η TTL (Transistor Transistor Logic, Κυκλώματα Τρανζίστορ - Τρανζίστορ) ενώ για κυκλώματα υψηλών ταχυτήτων χρησιμοποιείται η οικογένεια ECL (Emitter Coupled Logic, Κυκλώματα Συνδεδεμένου Εκπομπού). Τα κυκλώματα που είναι υλοποιημένα με CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, Κυκλώματα MOS με Συμπληρωματικά Στοιχεία) έχουν μικρή κατανάλωση ισχύος.

Τα στοιχεία των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που περιέχονται στις ψηφίδες συνδυάζονται για να σχηματίσουν *πύλες* (gates). Μία πύλη δέχεται σαν είσοδο δύο ή περισσότερα ηλεκτρικά σήματα τα οποία κωδικοποιούν bits (π.χ. τα 5 Volt παριστάνουν το 1 και τα 0 Volt παριστάνουν το 0) και παράγει στην έξοδο ένα σήμα το οποίο είναι το αποτέλεσμα μίας «πράξης» μεταξύ των εισόδων της.

Η πύλη AND («ΚΑΙ») δίνει στην έξοδό της 1 αν όλα τα σήματα εισόδου της έχουν την τιμή 1, αλλιώς δίνει στην έξοδο 0.

Μια άλλη διάκριση που γίνεται στα ολοκληρωμένα κυκλώματα, είναι ανάλογα με τον αριθμό των δομικών πυλών που περιέχει κάθε ψηφίδα. Έτσι, διακρίνονται τα κυκλώματα:

1. *Μικρής Κλίμακας Ολοκλήρωσης* (Small Scale Integration, SSI). Αυτά περιέχουν λίγες (5-10) μεμονωμένες πύλες.
2. *Μέσης Κλίμακας Ολοκλήρωσης* (Medium Scale Integration, MSI). Αυτά περιέχουν 10-100 πύλες κατάλληλα συνδεδεμένες, ώστε να σχηματίζουν ένα ψηφιακό κύκλωμα (όπως π.χ. έναν καταχωρητή ή μετρητή).
3. *Μεγάλης Κλίμακας Ολοκλήρωσης* (Large Scale Integration, LSI), τα οποία περιέχουν περισσότερες από 100 πύλες μέχρι μερικές χιλιάδες πύλες (όπως οι απλοί μικροεπεξεργαστές).
4. *Πολύ Μεγάλης Κλίμακας Ολοκλήρωσης* (Very Large Scale Integration, VLSI) που περιέχουν κυκλώματα τα οποία σχηματίζονται από πολλά εκατομμύρια πύλες (όπως οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές).

Όλα τα ηλεκτρονικά κυκλώματα κατασκευάζονται με ολοκληρωμένα κυκλώματα, αφού τα τελευταία προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα: έχουν μικρό μέγεθος, υψηλή ταχύτητα λειτουργίας, μικρό κόστος, μεγάλη αξιοπιστία, μικρή κατανάλωση ενέργειας και δίνουν μεγάλη ευελιξία στη σχεδίαση και κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων για υπολογιστές.

Ιστορική εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων

Τις θεωρητικές βάσεις των υπολογιστών έθεσε πρώτος ο μαθηματικός J. Von Neumann (1945). Προς τιμή του, μία μεγάλη κατηγορία υπολογιστών ονομάζονται *υπολογιστές τύπου Von Neumann* και η λειτουργία τους στηρίζεται στις έννοιες του *αποθηκευμένου προγράμματος* (stored program) και του *μετρητή προγράμματος* (program counter), με τη βοήθεια του οποίου προσδιορίζεται η εκτέλεση του προγράμματος. Τις έννοιες αυτές είχε εμπνευστεί πρώτος ο Charles Babbage τον περασμένο αιώνα.

Τα συστήματα της *πρώτης γενιάς* (1946-1953) χρησιμοποιούσαν ως βασικές δομικές μονάδες ηλεκτρονικές λυχνίες. Ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής ήταν ο ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), που κατασκευάστηκε το 1946 στο Πανεπιστήμιο της Πενσυλβάνιας. Αντιπροσωπευτικός υπολογιστής αυτής της γενιάς είναι ο IBM 701. Οι υπολογιστές της πρώτης γενιάς προγραμματίζονταν απευθείας σε γλώσσα μηχανής. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το υψηλό τους κόστος και τη χαμηλή τους ταχύτητα, έθετε σοβαρούς περιορισμούς στην ευρεία χρήση τους.

Τα συστήματα *δεύτερης γενιάς* (1952-1963) χρησιμοποιούσαν ως βασικές δομικές μονάδες κρυσταλλοτριόδους (Transistors). Ο υπολογιστής TRADIC που κατασκευάστηκε το 1954 στα εργαστήρια της Bell, ήταν ο πρώτος υπολογιστής αυτής της γενιάς. Τα τυπωμένα κυκλώματα, οι μνήμες μαγνητικών δακτυλίων, οι συμβολικές γλώσσες, οι γλώσσες υψηλού επιπέδου όπως η FORTRAN, η ALGOL και η COBOL, τα λειτουργικά συστήματα ομαδικής επεξεργασίας κλπ. ήταν τα κύρια χαρακτηριστικά αυτής της γενιάς.

Στα συστήματα *τρίτης γενιάς* (1962-1975) χρησιμοποιήθηκαν ως βασικές δομικές μονάδες τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μικρής κλίμακας ολοκλήρωσης (SSI) και μέσης κλίμακας ολοκλήρωσης (MSI). Μνήμες ημιαγωγών, εικονικές μνήμες (βλ. Κεφ. 4), γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου με «έξυπνους» μεταφραστές, λειτουργικά συστήματα πολυπρογραμματισμού και καταμερισμού χρόνου κλπ. ήταν τα κύρια χαρακτηριστικά αυτής της γενιάς. Οι CDC-7600, IBM 360/91, Iliac IV κλπ. είναι

1 Συστήματα πρώτης γενιάς

2 Συστήματα δεύτερης γενιάς

3 Συστήματα τρίτης γενιάς

χαρακτηριστικοί τύποι υπολογιστών της γενιάς αυτής. Την ίδια εποχή εμφανίζονται και οι μίνι-υπολογιστές.

Τα συστήματα *τέταρτης γενιάς* (1972-σήμερα) χρησιμοποιούν ως βασικές δομικές μονάδες ολοκληρωμένα κυκλώματα μεγάλης και πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (LSI και VLSI). Τα χαρακτηριστικά των συστημάτων της τρίτης γενιάς έχουν βελτιωθεί και έχουν χρησιμοποιηθεί αρχιτεκτονικές αγωγού, πολυεπεξεργασίας, μητρώου κλπ. για την κατασκευή υπερυπολογιστών (Supercomputers), όπως ο Cray T3-E, ο MPP κλπ. Την ίδια εποχή εμφανίζονται και οι μικροϋπολογιστές.

4 Συστήματα τέταρτης γενιάς

Τα συστήματα *πέμπτης γενιάς*, τα οποία δεν έχουν διαδοθεί ευρέως, χρησιμοποιούν ολοκληρωμένα κυκλώματα πολύ μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (VLSI) και έχουν δύο βασικούς στόχους. Ο πρώτος είναι η επίτευξη στο μέγιστο δυνατό βαθμό της παράλληλης επεξεργασίας (για την αύξηση της ταχύτητας επεξεργασίας). Ο δεύτερος είναι η ανάπτυξη «έξυπνων» υπολογιστικών συστημάτων, με την ενσωμάτωση τεχνικών που χρησιμοποιούνται στον κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης.

5 Συστήματα πέμπτης γενιάς

Κατηγορίες υπολογιστικών συστημάτων

Με βάση το μέγεθος, την ταχύτητα και την τιμή τους, τα υπολογιστικά συστήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- ❖❖❖ Οι *προσωπικοί υπολογιστές* (personal computers) είναι οι φθηνότεροι υπολογιστές που συνήθως χρησιμοποιούνται από ένα μόνο χρήστη και έχουν περιορισμένες υπολογιστικές δυνατότητες σε σχέση με άλλους υπολογιστές. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές τους (notebook, laptop, desktop, tower, workstations, network computer). Μια πιο ισχυρή από απόψεως δυνατοτήτων κατηγορία προσωπικών υπολογιστών είναι οι *εξυπηρετητές* (servers). Οι εξυπηρετητές χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν ένα δίκτυο υπολογιστών που επιτρέπει την κοινή χρήση αρχείων, προγραμμάτων και υλικού όπως οι εκτυπωτές. Οι προσωπικοί υπολογιστές βασίζονται στους *μικροϋπολογιστές* (microcomputers), οι οποίοι χρησιμοποιούνται και σε άλλες εφαρμογές, όπως είναι τα *ενσωματωμένα συστήματα* (embedded systems).
- ❖❖❖ Οι *μίνι-υπολογιστές* (minicomputers) είναι πιο ισχυρά συστήματα που μπορούν να υποστηρίξουν ένα σύνολο χρηστών, οι οποίοι επιτελούν διαφορετικές εργασίες. Συνήθως χρησιμοποιούνται από εταιρείες και οργανισμούς για επεξεργασία πληροφοριών.
- ❖❖❖ Οι *μεγάλοι υπολογιστές* (mainframes) αποτελούν ισχυρά συστήματα και μπορούν να υποστηρίξουν εκατοντάδες χρήστες «συγχρόνως». Απαιτούν συνήθως δαπανηρό περιβάλλον υποστήριξης, δηλαδή κλιματισμό, ειδικές αίθουσες κλπ.
- ❖❖❖ Οι *υπερυπολογιστές* (supercomputers) είναι τα πλέον ισχυρά συστήματα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε εξειδικευμένες, υπολογιστικά απαιτητικές, εφαρμογές, όπως π.χ. η μετεωρολογία.

Τα όρια των κατηγοριών αυτών δεν είναι σαφή και μετατοπίζονται συνεχώς, εξαιτίας της ραγδαίας τεχνολογικής εξέλιξης στο χώρο των υπολογιστών.



Ανακεφαλαίωση

Κάθε υπολογιστικό σύστημα αποτελείται από το υλικό, δηλαδή τις συσκευές, και το λογισμικό, που το αποτελούν προγράμματα. Λόγω της πολυπλοκότητάς τους, τα υπολογιστικά συστήματα είναι οργανωμένα ιεραρχικά. Στο κατώτερο επίπεδο της ιεραρχίας βρίσκονται τα ηλεκτρονικά κυκλώματα και στο ανώτερο τα προγράμματα του χρήστη. Μεγάλο μέρος του υλικού απαρτίζεται από ολοκληρωμένα κυκλώματα, που έχουν εξελιχθεί ώστε να έχουν πολύ μικρά μεγέθη και μεγάλες ταχύτητες.

Οι «γενιές» των υπολογιστικών συστημάτων είναι πέντε, ξεκινώντας από τους πρώτους πειραματικούς υπολογιστές μέχρι τις μέρες μας. Οι βασικότερες κατηγορίες υπολογιστικών συστημάτων σήμερα είναι οι προσωπικοί υπολογιστές, οι μίνι-υπολογιστές, οι μεγάλοι υπολογιστές και οι υπερυπολογιστές. Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες έχει διαφορετικές υπολογιστικές ικανότητες και απευθύνεται σε διαφορετικές κοινότητες χρηστών.



Γλωσσάριο όρων

Flip-Flop	
Αποθηκευμένο Πρόγραμμα	Stored Program
Εξυπηρετητής	Server
Κυκλώματα MOS με Συμπληρωματικά Στοιχεία	Complementary Metal Oxide Semiconductor - CMOS
Κυκλώματα Μεγάλης Κλίμακας Ολοκλήρωσης	Large Scale Integration - LSI
Κυκλώματα Μέσης Κλίμακας Ολοκλήρωσης	Medium Scale Integration – MSI
Κυκλώματα Μικρής Κλίμακας Ολοκλήρωσης	Small Scale Integration - SSI
Κυκλώματα Πολύ Μεγάλης Κλίμακας Ολοκλήρωσης	Very Large Scale Integration - VLSI
Κυκλώματα Συνδεδεμένου Εκπομπού	Emitter Coupled Logic - ECL
Κυκλώματα Τρανζίστορ - Τρανζίστορ	Transistor Transistor Logic - TTL
Λογικό Κύκλωμα	Logical Circuit
Λογισμικό	Software
Λογισμικό Εφαρμογών	Applications Software
Λογισμικό Συστήματος	Systems Software
Μεγάλος Υπολογιστής	Mainframe
Μετρητής Προγράμματος	Program Counter
Μικρολειτουργία	Microoperation
Μικροϋπολογιστής	Microcomputer
Μίνι-υπολογιστής	Minicomputer
Ολοκληρωμένο Κύκλωμα	Integrated Circuit - IC
Προσωπικός Υπολογιστής	Personal Computer
Πύλη	Gate
Υλικό	Hardware
Υπερυπολογιστής	Supercomputer
Υπολογιστής Τύπου Von Neumann	
Υπολογιστικό Σύστημα	Computer System
Ψηφίδα	Chip

Ερωτήσεις

- ? Ποιες είναι οι συνιστώσες ενός υπολογιστικού συστήματος;
- ? Τι εννοούμε με τον όρο «Λογισμικό Συστήματος»;
- ? Ποιες είναι οι διαφορές των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων διαφόρων κλιμάκων ολοκλήρωσης;
- ? Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των υπολογιστών της 4^{ης} και 5^{ης} γενιάς;

Τι
μάθαμε
σε
αυτό
το
κεφάλαιο

- ◆ Κάθε υπολογιστικό σύστημα αποτελείται από το υλικό, δηλαδή τις συσκευές και το λογισμικό, που απαρτίζεται από προγράμματα.
- ◆ Τα υπολογιστικά συστήματα είναι οργανωμένα ιεραρχικά. Στο κατώτερο επίπεδο της ιεραρχίας βρίσκονται τα ηλεκτρονικά κυκλώματα και στο ανώτερο τα προγράμματα του χρήστη.
- ◆ Τα υπολογιστικά συστήματα έχουν περάσει από διάφορα στάδια εξέλιξης, τα οποία ονομάζονται «γενιές».
- ◆ Οι βασικότερες κατηγορίες υπολογιστικών συστημάτων σήμερα είναι οι μικροϋπολογιστές με κυριότερους τους προσωπικούς υπολογιστές, οι μίνι-υπολογιστές, οι μεγάλοι υπολογιστές και οι υπερυπολογιστές.

Βιβλιογραφία – Πηγές

- 📖 Παπακωσταντίνου Γ., Π. Τσανάκα, Γ. Φραγκάκη, Αρχιτεκτονική Υπολογιστών, Συμμετρία, 1987.
- 📖 Hayes J., Computer Architecture and Organization, McGraw-Hill, 1988.
- 📖 Mano M., Computer system Architecture, Prentice-Hall, 1982.
- 📖 Patterson D., Hennessy J. Computer Organization & Design, The Hardware/Software Interface, Morgan Kaufmann, 1994.