

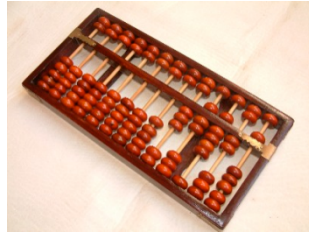
Κεφάλαιο 2^ο

Ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

2.1 Οι υπολογιστικές μηχανές ιστορικά

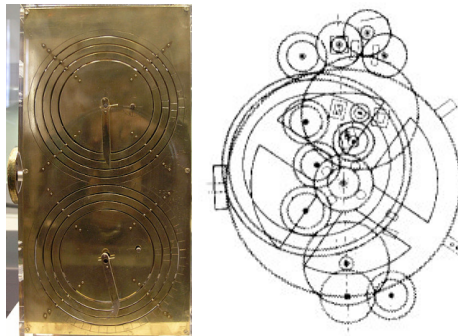
Ο άνθρωπος είχε πάντα την τάση να κατασκευάζει εργαλεία που τον διευκολύνουν στην επιβίωσή του και τη βελτίωση των συνθηκών ζωής του. Ακολουθώντας αυτή την ενδογενή τάση του, πολύ σύντομα έφτασε να κατασκευάσει υπολογιστικά εργαλεία για την εκτέλεση προσθαφαιρέσεων, για την εκτίμηση επιφανειών (όπως στην περίπτωση των καλλιεργειών στις όχθες του ποταμού Νείλου), για τον προσδιορισμό αστρονομικών στοιχείων (όπως στην περίπτωση των αστρολόγων μάντεων της Μεσοποταμίας) κλπ. Οι πρώτες γνωστές υπολογιστικές διατάξεις ήταν ο άβακας¹ και ο Μηχανισμός των Αντικυθήρων. Ο άβακας πρωτοεμφανίστηκε στην Μεσοποταμία από τους Βαβυλώνιους γύρω στο 5.000 π.Χ. αλλά γρήγορα διαδόθηκε σε όλο τον τότε γνωστό κόσμο, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας (1.500 π.Χ).

¹ Η ετυμολογική ρίζα της λέξης άβακας είναι η ελληνική λέξη άβαξ που σημαίνει "τραπέζι υπολογισμών".



Εικόνα 2.1. Σύγχρονος Άβακας

Ο Μηχανισμός των Αντικύθρων (μετεξέλιξη του αστρολάβου του Ίππαρχου, μιας συσκευής για την παρατήρηση του Ήλιου και των αστεριών, χρήσιμο στην ναυσιπλοΐα και την αστρονομία) ήταν ένα από τα αντικείμενα – ευρήματα ενός αρχαίου ναυαγίου που συνέβη γύρω στο 80 π.Χ. στην ομώνυμη περιοχή. Μετά από έρευνες του καθηγητή Pringles του Πανεπιστημίου του Yale και του ερευνητή του Δημόκριτου κ. Καράκαλου, αποδείχτηκε ότι η συσκευή αυτή δεν ήταν ένας απλός αστρολάβος, αλλά ένα σύστημα δύο βασικών οδοντωτών τροχών τοποθετημένων στις δύο πλευρές μιας πλάκας, οι οποίες κινούνται με τη βοήθεια μιας χειροκίνητης μανιβέλας και θέτουν σε κίνηση άλλους οδοντωτούς τροχούς. Το σύνολο των κινήσεων αναπαριστά τη συνδυασμένη κίνηση του ήλιου, στη μια πλευρά και της σελήνης στην άλλη. Με άλλα λόγια πρόκειται για ένα «προ-προγραμματισμένο», φορητό μηχανικό – αναλογικό υπολογιστή, ο οποίος είχε σχεδιαστεί ειδικά για την επίδειξη των ημερολογιακών κύκλων.



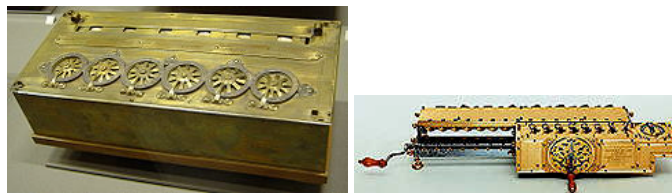
Εικόνα 2.2. Μηχανισμός των Αντικύθρων

Οι επόμενες προσπάθειες στην κατεύθυνση δημιουργίας υπολογιστικών μηχανών εμφανίζονται μετά την περίοδο του Μεσαίωνα κατά τον 17ο αιώνα. Πιο συγκεκριμένα το 1610 εμφανίστηκαν οι ράβδοι του Napier, οι οποίοι ήταν ειδικού σκοπού άβακες, με τους οποίους πραγματοποιούνταν γρήγορα οι πολλαπλασιασμοί.



Εικόνα 2.3. Ράβδοι του Napier

Το 1623, ο μαθηματικός Wilhelm Schickard εφεύρε το λεγόμενο Υπολογιστικό Ρολόι (*Calculation Clock*), 22 χρόνια πριν τη μηχανή του Pascal, το οποίο ήταν σε θέση να πραγματοποιεί προσθαφαιρέσεις με μήκος αριθμών μέχρι 6 ψηφία και χτύπημα κουδουνιού κατά την υπερχείλιση κρατουμένου (*overflow*). Ο Blaise Pascal (1642) εισάγει μια ολοκληρωμένη αριθμομηχανή με οδοντωτούς τροχούς με τη δυνατότητα να εκτελεί προσθέσεις 8 ψηφίων, γνωστή ως Pascaline ή μηχανή του Pascal. Το 1694 ο Leibnitz βελτιώνει την Pascaline με την προσθήκη κινητών δίσκων και γραναζιών και με την δυνατότητα πολλαπλασιασμών.



Εικόνα 2.4. Η Pascaline και η βελτίωση της

Στις αρχές του 19ου αιώνα ο Jacquard δημιουργεί ένα μηχανισμό αυτοματοποίησης των υφαντικών μηχανών (αργαλειών) με βάση διάτρητες χαρτοταινίες, ιδέα που θα χρησιμοποιηθεί αργότερα και στους πρώτους προγραμματιζόμενους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Υπολογίζεται ότι το 1820 υπήρχαν γύρω στα 10.000 τέτοια συστήματα στη Γαλλία.



Εικόνα 2.5. Η μηχανή του Jacquard

Η συνέχεια στον τομέα ανάπτυξης όλο και πιο πολύπλοκων μηχανών τα επόμενα χρόνια είναι εκρηκτική. Το 1812, ο Charles Babbage εισάγει τη διαφορική μηχανή του (*differential engine*) για επίλυση εξισώσεων 2ου βαθμού με ακρίβεια 8

δεκαδικών ψηφίων, ενώ το 1846 παρουσιάζει τα σχέδια για μια αναλυτική μηχανή (*analytical engine*) για την επίλυση διαφόρων τύπων προβλημάτων. Ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική αυτής της υπολογιστικής μηχανής πλησιάζει πολύ τα συνθετικά μέρη ενός σύγχρονου ηλεκτρονικού υπολογιστή. Όμως το τεχνολογικό επίπεδο της εποχής ήταν αδύνατο να υποστηρίξει την πρωτοποριακή αυτή ιδέα. Πιο συγκεκριμένα, η κίνηση της μηχανής θα γινόταν με ατμό, ενώ για την εισαγωγή των δεδομένων θα χρησιμοποιούνταν διάτρητες κάρτες, μια τεχνική που είχε πρωτοχρησιμοποιηθεί από τον Jacquard. Τα σχέδιά προέβλεπαν την κατασκευή 50.000 εξαρτημάτων, πολλά από τα οποία ήταν αδύνατο να κατασκευαστούν εκείνη την εποχή. Ενεργός υποστηρικτής του Babbage ήταν η Augusta Ada² Byron, κόμισσα του Lovelace, κόρη του Λόρδου Byron, η οποία σχεδίασε τον τρόπο προγραμματισμού της μηχανής με τη βοήθεια μιας δέσμης διάτρητων καρτών. Τέλος, το 1889, ο Herman Hollerith, δημιούργησε με τη χρήση χαρτονένιων διάτρητων καρτών, ένα σύστημα για την αποθήκευση των δεδομένων της απογραφής των ΗΠΑ του 1890. Στην μηχανή του Hollerith πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά ανάγνωση δεδομένων μέσω ηλεκτρομηχανικών κατασκευών, ενώ ο ίδιος υπήρξε ο δημιουργός της εταιρείας Tabulation Machine Company που μετονομάστηκε στη γνωστή μας IBM (*International Business Machines*).

Ο 19^{ος} αιώνας είναι η χρονική περίοδος που πραγματοποιήθηκαν άλματα στον τομέα κατασκευής υπολογιστικών μηχανών, με αποτέλεσμα το κάθε τεχνολογικό άλμα να οριοθετεί και μια νέα γενιά αυτών των συσκευών. Η κάθε γενιά, όπως αναλύεται και στην συνέχεια, συνοδεύεται από μια τεχνολογική επανάσταση κυρίως στο επίπεδο του υλικού (*hardware*), η οποία επιτρέπει τη δραματική βελτίωση των επιδόσεων των υπολογιστικών μηχανών

2.2. Γενιές Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Όπως, ήδη αναφέρθηκε οι γενιές των ηλεκτρονικών υπολογιστών οριοθετούνται κυρίως από μεγάλες ανακαλύψεις στο επίπεδο του υλικού. Τα χρονικά όρια μεταξύ των γενιών δεν είναι αυστηρά ενώ μέχρι και σήμερα ίσχυε ο νόμος του Γκόρντον Μουρ (*Gordon Moore*), ο οποίος προέβλεπε ότι ο αριθμός των τρανζίστορς / ολοκληρωμένων κυκλωμάτων σε ένα μικροεπεξεργαστή (*microprocessor* – βασική υπομονάδα ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή) θα διπλασιάζεται κάθε περίπου δύο χρόνια. Από την 5^η γενιά ηλεκτρονικών υπολογιστών και μετά, οι εξελίξεις είναι τόσο γρήγορες και πολυεπίπεδες που δεν είναι πια δυνατή η αυστηρή οριοθέτηση μιας νέας γενιάς με βάση κάποια συγκεκριμένα τεχνολογικά κριτήρια. Επιπλέον, στη σημερινή εποχή σημαντικό ρόλο διαδραματίζει τόσο το λογισμικό αλλά και το Διαδίκτυο (*Internet*)

² Πολλοί την θεωρούν ως την πρώτη προγραμματίστρια και προς τιμήν της, μια γλώσσα προγραμματισμού, η ADA, πήρε το όνομά της

A. Πρώτη γενιά (περίπου μέχρι το 1959)

Η πρώτη γενιά υπολογιστών (1939 ως 1959 περίπου) βασίστηκαν στη τριοδική λυχνία κενού (*triode vacuum tube*) ως το βασικό στοιχείο αναπαράστασης και αποθήκευσης των δεδομένων³.



Εικόνα 2.6. Τριοδική λυχνία κενού

Τα βασικά χαρακτηριστικά των υπολογιστικών μηχανών αυτής της γενιάς, καθώς και αντιπροσωπευτικές προσπάθειες αναγράφονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά Πρώτης Γενιάς Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Επιδόσεις	Ως και 10.000 εντολές ανά δευτερόλεπτο
Αποθηκευτικός χώρος	Ως και 2Kbytes
Κόστος	Πολύ υψηλό, τόσο στην κατασκευή, στην συντήρηση αλλά και στη λειτουργία
Προγραμματισμός	Χρήση γλώσσας μηχανής, ο επαναπρογραμματισμός απαιτούσε συνήθως αλλαγή στη διαρρύθμιση του υλικού
Εισαγωγή / Εξαγωγή / Αποθήκευση Δεδομένων	Χρήση διάτρητων καρτών, εκτυπωτές και προς το τέλος της περιόδου της Πρώτης Γενιάς εμφανίστηκαν οι μαγνητικές ταινίες (<i>magnetic tapes</i>)
Άλλα μειονεκτήματα	Υψηλή κατανάλωση ενέργειας, μεγάλη εκπομπή θερμότητας, ογκώδεις εγκαταστάσεις, μικρή ακρίβεια και συχνά σφάλματα λόγω της φύσης των λυχνιών

³ Ως μονάδα μέτρησης του αποθηκευτικού χώρου στους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές χρησιμοποιείτε το δυαδικό ψηφίο bit (το οποίο μπορεί να πάρει τις τιμές 0 ή 1) και η δυαδική λέξη byte (1 Byte – 8 bit, 1Kbyte = 1024bytes). Αναλυτικότερη παρουσίαση πραγματοποιείται στο Κεφάλαιο 3.

Πίνακας 2.2. Μοντέλα Πρώτης Γενιάς Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Όνομασία	Περιγραφή χαρακτηριστικών
1939 - ABC (<i>Atanasoff-Berry Computer</i>)	Ο πρώτος υπολογιστής που βασίστηκε στο δυαδικό σύστημα δεν κατάφερε να λειτουργήσει ολοκληρωτικά ποτέ.
1944 - Mark I	Ο πρώτος πραγματικός Ηλεκτρονικός Υπολογιστής που χρησιμοποιήθηκε. Προϊόν του Howard Aiken σε συνεργασία με την IBM. Είχε μέγεθος όσο μισό γήπεδο ποδοσφαίρου με καλωδιώσεις που έφταναν τα 800 km μήκος και μπορούσε να εκτελεί τρεις προσθέσεις ή αφαιρέσεις το δευτερόλεπτο.
1946 - ENIAC (<i>Electronic Numerical Integrator And Calculator</i>)	Σχεδιάστηκε από τον καθηγητή Mauchly και το μεταπτυχιακό φοιτητή του Eckert. Ήταν ένας υπολογιστής γενικού σκοπού που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των πινάκων βολής του Αμερικανικού Πυροβολικού. Ζύγιζε 30 τόνους, καταλάμβανε επιφάνεια 140 τ.μ. ενώ η ισχύς που ήταν απαραίτητη για την λειτουργία του έφτανε τα 140 Kwatt. Μπορούσε να εκτελέσει ως και 5.000 πράξεις το δευτερόλεπτο (πάνω από 1000 φορές ταχύτερος του Mark I). Βασικά μειονεκτήματά του ήταν η άκαμπτη δομή, αφού τα προγράμματα ήταν «ενσωματωμένα» στο υλικό και έπρεπε κάθε φορά που ήταν απαραίτητη μια αλλαγή να ‘ξηλωθεί’ και να επανασυνδεθεί μέρος του.
1949 - EDVAC (<i>Electronic Discrete Variable Automatic Computer</i>)	Η εισαγωγή του Μοντέλου von Neumann ⁴ από τον Ούγγρο μαθηματικό John von Neumann, ο οποίος υπέδειξε ότι για να αποκτήσει ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής ευκαμψία πρέπει να αποθηκεύονται στη μνήμη του όχι μόνο τα δεδομένα αλλά και το προς εκτέλεση πρόγραμμα. Αυτό αποτέλεσε τη βάση σχεδιασμού και κατασκευής του EDVAC. Με άλλα λόγια ο EDVAC ήταν η πρώτη υπολογιστική μηχανή που είχε τη δυνατότητα αποθήκευσης προγράμματος στη μνήμη του και όχι ενσωματωμένο στο υλικό του.

B. Δεύτερη γενιά (1959-1964)

Βασικό χαρακτηριστικό της Δεύτερης Γενιάς των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών ήταν η αντικατάσταση των τριόδων λυχνιών από τα transistors, με συνέπειες τη

⁴ Βλέπε παράγραφο “2.3.2.3 Το Μοντέλο Von Neumann”

σημαντική μείωση του όγκου, τη μείωση της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας και την κατακόρυφη αύξηση της ταχύτητας υπολογισμών.



Εικόνα 2.7. Transistor

Επιπλέον, πραγματοποιείται η εμφάνιση των πρώτων γλωσσών υψηλού επιπέδου καθώς και μια σειρά από νέες επαγγελματικές ειδικότητες όπως αναλυτές, προγραμματιστές, μηχανικοί Η/Υ κ.λπ. Τέλος οι εταιρείες κατασκευής Ηλεκτρονικών Υπολογιστών τόσο στις ΗΠΑ όσο και στην Ευρώπη πληθαίνουν, ενώ ο ανταγωνισμός μεταξύ τους δίνει μεγαλύτερη ώθηση στην εξέλιξη των υπολογιστών και μειώνει το κόστος τους. Η εταιρεία που κυριαρχεί είναι η IBM.

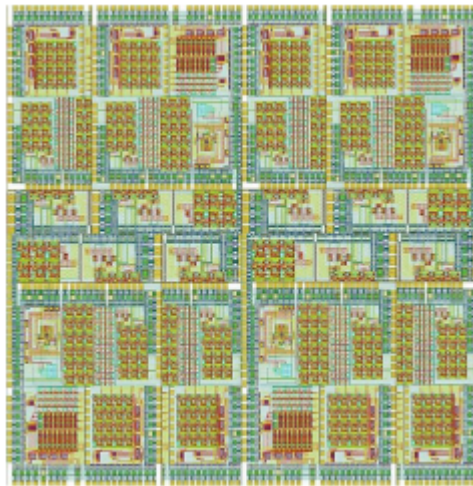
Πίνακας 2.3. Χαρακτηριστικά Δεύτερης Γενιάς Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Επιδόσεις	Ως και 200.000 εντολές ανά δευτερόλεπτο
Αποθηκευτικός χώρος Κεντρικής Μνήμης	Ως και 32 Kbytes
Κόστος	Υψηλό, τόσο στην κατασκευή, στην συντήρηση αλλά και στην λειτουργία
Προγραμματισμός	Χρήση γλωσσών υψηλού επιπέδου (<i>High Level Languages</i>) όπως Fortan, Cobol, Lisp κ.λπ.
Εισαγωγή / Εξαγωγή / Αποθήκευση Δεδομένων	Χρήση μαγνητικών ταινιών

Γ. Τρίτη γενιά (1964-1971)

Η Τρίτη Γενιά των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών χαρακτηρίζεται από τη μερική αντικατάσταση των transistors και των άλλων ηλεκτρονικών στοιχείων από τα ολοκληρωμένα κυκλώματα (*integrated circuits – IC*), γνωστά και ως *microcircuits*, *microchips*, *silicon ships* ή *chips*, με αποτέλεσμα την τεράστια μείωση του όγκου. Επίσης για πρώτη φορά χρησιμοποιείται το ρολόι χαλαζία (*quartz*) για τον ακριβή χρονισμό των transistors και των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Η εισαγωγή του χρονισμού σε συνδυασμό με τα ολοκληρωμένα κυκλώματα μείωσε κατά πολύ την εκπομπή θερμότητας και τις απώλειες ισχύος ενώ αύξησε τις επιδόσεις των

συστημάτων. Με την ανακάλυψη των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και την τεχνική για την «εκτύπωσή» τους σε πολύ μικρές επιφάνειες, βρήκε ισχύ ο νόμος Μουρ, που προβλέπει το διπλασιασμό του αριθμού τους, σε συγκεκριμένη επιφάνεια, ανά δύο χρόνια περίπου. Επιπλέον, επεκτάθηκε και βελτιώθηκε η χρήση των μαγνητικών δίσκων ως περιφερειακή μνήμη, για τη μόνιμη αποθήκευση των δεδομένων. Οι παραπάνω βελτιώσεις οδήγησαν στην κατασκευή μίνι υπολογιστών, για την ικανοποίηση των αναγκών μικρότερων επιχειρήσεων. Κυριότερος εκπρόσωπος για την κατασκευή τέτοιων συστημάτων ήταν η εταιρεία DEC.



Εικόνα 2.8. Ολοκληρωμένο Κύκλωμα

Πέρα όμως από τις ραγδαίες εξελίξεις στο χώρο του υλικού, εξίσου καίρια ήταν και η πρόοδος στον τομέα του λογισμικού. Πιο σημαντική είναι η εμφάνιση του Λειτουργικού Συστήματος (*Operational System*), ως του βασικού λογισμικού που συνοδεύει απαραίτητα έναν Ηλεκτρονικό Υπολογιστή⁵ με κύριο σκοπό την επίβλεψη και το συντονισμό όλων των λειτουργιών του, την παρακολούθηση της επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων μερών του αλλά και την εκτέλεση των προγραμμάτων – εφαρμογών. Την ίδια στιγμή συνεχίστηκε η ανάπτυξη και βελτίωση των γλωσσών προγραμματισμού υψηλού επιπέδου με πιο αξιοσημείωτη εξέλιξη την εμφάνιση της BASIC (*Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code* - Συμβολικός Κώδικας Εντολών Κάθε Χρήσης για Αρχάριους), μιας γλώσσας προγραμματισμού για αρχάριους από τους Kemeny – Kurtz. Οι τεχνολογίες για την ανάπτυξη λογισμικού και εφαρμογών ενισχύθηκαν από ιδέες όπως αυτή του καταμερισμού του χρόνου (*time-sharing*) της επεξεργαστικής ισχύος. Την περίοδο αυτή εμφανίζονται οι πρώτοι Οίκοι Λογισμικού (*software*

⁵ ο IBM 360 είναι ο πρώτος H/Y που διαθέτει Λειτουργικό Σύστημα

houses), εταιρείες δηλαδή που ασχολούνται αποκλειστικά με τη δημιουργία και διάθεση προγραμμάτων.

Πίνακας 2.4. Χαρακτηριστικά Τρίτης Γενιάς Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Επιδόσεις	Ως και 1.000.000 εντολές ανά δευτερόλεπτο, χρονισμός μέσω ρολογιού
Αποθηκευτικός χώρος Κεντρικής Μνήμης	Ως και μερικά Mbytes
Κόστος	Μέτριο κόστος, τόσο στην κατασκευή, στη συντήρηση αλλά και στη λειτουργία, εμφάνιση των μινι υπολογιστών
Προγραμματισμός	Εδραίωση της έννοιας του Λειτουργικού Συστήματος, διαμοιρασμός χρόνου, κεντρικά συστήματα αρχείων, παραλληλισμός κ.λπ.
Εισαγωγή / Εξαγωγή / Αποθήκευση Δεδομένων	Χρήση μαγνητικών ταινιών

Α. Τέταρτη γενιά (1971-1990)

Καθώς οι τεχνολογικές δυνατότητες των κατασκευαστών αυξάνονταν ήταν εφικτή η δημιουργία κυκλωμάτων υψηλής και πολύ υψηλής κλίμακας ολοκλήρωσης (*Large / very large scale of integration – LSI/VLSI*), κυκλωμάτων δηλαδή που ενσωματώνουν πολλά εκατομμύρια ηλεκτρονικά στοιχεία σε επιφάνειες της τάξης του ενός τετραγωνικού εκατοστού. Οι τεχνολογίες αυτές οδήγησαν στην περαιτέρω μείωση του όγκου και του κόστους των υπολογιστών και ταυτόχρονα σε τεράστια αύξηση των αποθηκευτικών χώρων και των ταχυτήτων τους. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο της γενιάς αυτής, το οποίο είχε κάνει την εμφάνιση του από την προηγούμενη είναι η εισαγωγή της παράλληλης επεξεργασίας (*parallel processing*), μιας τεχνικής που μπορεί να προσφέρει υπολογιστική ταχύτητα της τάξης των δισεκατομμυρίων πράξεων ανά δευτερόλεπτο.

Η σημαντικότερη όμως εξέλιξη είναι η εμφάνιση των μικρο-επεξεργαστών, των κεντρικών μονάδων και των μικρο-υπολογιστών ή των Προσωπικών Υπολογιστών (*Personal Computers*). Ο μικρο-επεξεργαστής είναι ένα chip, πολύ υψηλής κλίμακας ολοκλήρωσης, που ενσωματώνει όλα τα μέρη μιας Κεντρικής Μονάδας Επεξεργασίας (δες 2.5.1 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας). Ο πρώτος μικρο-επεξεργαστής, που παράχθηκε ευρέως, ήταν ο 4004 της Intel το 1969, ενώ στη συνέχεια ακολούθησε ο ισχυρότερος 8008 (1971) και ο 8080 (1974). Η χρήση του τελευταίου οδήγησε στη μαζική παραγωγή των προσωπικών υπολογιστών. Άλλοι φημισμένοι μικρο-υπολογιστές (με τους αντίστοιχους μικρο-επεξεργαστές) ήταν οι ZX-80, ZX-81, ZX-Spectrum, BBC, Commodore, Amstrad CPC κ.λπ. Γύρω στο 1980 εμφανίζεται μια κατηγορία μικρο-υπολογιστών, ιδιαίτερα εύχρηστων προς τον κάθε χρήστη και ιδιαίτερα μεγάλων ικανοτήτων, με σημαντικότερους τους Apple I και II (1977-79), τον IBM PC (1981) και τον Apple Macintosh το 1984. Η

διάδοση του IBM-PC ήταν τόσο μεγάλη που μια ολόκληρη στρατιά κατασκευαστών και προγραμματιστών έσπευσε να τους υποστηρίξει.



Εικόνα 2.9. Προσωπικός Υπολογιστής

Πίνακας 2.5. Χαρακτηριστικά Τέταρτης Γενιάς Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

Χαρακτηριστικό	Τιμή
Επιδόσεις	Δισεκατομμύρια εντολές ανά δευτερόλεπτο
Αποθηκευτικός χώρος Κεντρικής Μνήμης	εκατοντάδες Mbytes
Κόστος	Χαμηλό κόστος, τόσο στην κατασκευή, στην συντήρηση αλλά και στην λειτουργία, εμφάνιση των PC – Personal Computers με την χρήση των μικρο-επεξεργαστών
Προγραμματισμός	Γραφικό Περιβάλλον Εργασίας (GUI), Εμφάνιση του Διαδικτύου
Εισαγωγή / Εξαγωγή / Αποθήκευση Δεδομένων	Οπτικοί / Μαγνητικοί Δίσκοι
Εταιρείες / Κατασκευαστές	Intel, ZX-80, ZX-81, ZX-Spectrum, BBC, Commodore, Amstrad CPC, IBM PC, Apple, Unix, Sun

Σημαντική εξέλιξη αποτέλεσε η ανάπτυξη ειδικών γραφικών διεπαφών χρήστη, των λεγόμενων GUI (Graphical User Interface), τα οποία κάνουν χρήση εικονιδίων, μενού, παραθύρων και πλαισίων διαλόγου για φιλικότερη επικοινωνία ανθρώπου – μηχανής. Τα συγκεκριμένα περιβάλλοντα υιοθετήθηκαν από τα Λειτουργικά Συστήματα των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Επιπλέον, μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1980 άρχισε και η ανάπτυξη δικτυακών τεχνολογιών σύνδεσης των υπολογιστών, ώστε να ανταλλάσουν πληροφορίες και δεδομένα ή να χρησιμοποιούν διάφορες συσκευές από κοινού, οδηγώντας σταδιακά στη δημιουργία του Διαδικτύου – Internet. Η τέταρτη γενιά υπολογιστών, από την άποψη του υλικού δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί, αφού η τεχνολογία υλοποίησης συνεχίζει να βασίζεται στα ολοκληρωμένα κυκλώματα. Παρόλα αυτά, η τεχνολογική εξέλιξη όσο και η εξέλιξη στο τομέα των επικοινωνιών και του Διαδικτύου σηματοδοτούν την έλευση μιας νέας γενιάς υπολογιστών, με μη

καθορισμένα όρια. Η νέα γενιά χαρακτηρίζει την παρούσα χρονική περίοδο, ενώ στη συνέχεια περιγράφονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά της. Βασικό χαρακτηριστικό τόσο της τέταρτης γενιάς όσο και της επόμενης είναι η αναπροσαρμογή του νόμου του Μούρ με βάση τον οποίο, «η υπολογιστική ισχύς των υπολογιστών είτε θα διπλασιάζεται είτε θα μπορεί να προσ-φερθεί στην μισή τιμή ανά 18 μήνες». Η συγκεκριμένη διαπίστωση εξακολουθεί να ισχύει ακόμα και σήμερα με τάση μείωσης του χρονικού ορίου.

E. Επόμενη Γενιά (1990- ως σήμερα)

Η εποχή που διανύουμε (αναφερόμενοι στα τελευταία 20 χρόνια) μπορεί εύκολα να χαρακτηριστεί ως η εποχή του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή και του Διαδικτύου (*Internet*). Οι εξελίξεις στον τομέα του υλικού ήταν και είναι ραγδαίες με την εισαγωγή πανίσχυρων συστημάτων, με πολλαπλούς μικρο-επεξεργαστές (multi-processors ή multi-core), με πολύ μικρό μέγεθος (φορητοί), με ισχυρά συστήματα απεικόνισης και διεπαφής με το χρήστη (οθόνες υψηλής ανάλυσης, επιφάνειες αφής κ.λπ.) αλλά και πολλαπλές επιλογές για την διασύνδεση στο Διαδίκτυο σε υψηλές ταχύτητες. Από την άλλη, το λογισμικό εξελίσσεται συνεχώς, με έμφαση στην ανάπτυξη των πολυμεσικών χαρακτηριστικών (multimedia) του, με τα οποία η σχέση ανθρώπου – μηχανής γίνεται περισσότερο ανθρώπινη. Τα κοινωνικά δίκτυα (social networks), οι διαδικτυακές εφαρμογές (on-line), το ελεύθερο λογισμικό ή λογισμικό ανοικτού κώδικα (open source) κ.λπ. αποτελούν χαρακτηριστικά σημεία της σημερινής εποχής.

Πίνακας 2.6. Το πέρασμα από Γενιά σε Γενιά

<i>Δεκαετία</i>	1960	1970	1980	1990	2000...
<i>Επεξεργασία Δεδομένων</i>	<i>Μια προς μια εντολή</i>	<i>Διαμοιρασμός Χρόνου</i>	<i>Πολύ-επεξεργαστικά συστήματα</i>	<i>Παράλληλη επεξεργασία</i>	<i>Νεφούπολογιστική Cloud Computing</i>
<i>Διαστάσεις</i>	<i>Δωμάτιο Υπολογιστή</i>	<i>Δωμάτιο με τερματικούς σταθμούς</i>	<i>Επιτραπέζιοι Υπολογιστές</i>	<i>Φορητοί Υπολογιστές</i>	<i>Κινητό Γραφείο (mobile office)</i>
<i>Χρήστες</i>	<i>Εξειδικευμένο προσωπικό</i>	<i>Ειδικό προσωπικό</i>	<i>Ιδιώτες & Οικιακή χρήση</i>	<i>Οικιακή χρήση</i>	<i>Όλοι</i>
<i>Δεδομένα</i>	<i>Αριθμοί και Κείμενο</i>	<i>Αριθμοί και Κείμενο</i>	<i>Γραφικά</i>	<i>Πολυμέσα</i>	<i>Εικονικοί Τρισδιάστατοι κόσμοι</i>
<i>Σκοπός</i>	<i>Υπολογισμοί</i>	<i>Πρόσβαση σε τοπικά δεδομένα</i>	<i>Παρουσίαση και επεξεργασία δεδομένων</i>	<i>Επικοινωνία - Διαδίκτυο</i>	
<i>Διεπαφή Χρήστη</i>	<i>Διάτρητη Κάρτα</i>	<i>Πληκτρολόγιο και Οθόνη</i>	<i>Πληκτρολόγιο, Οθόνη και ποντίκι</i>	<i>Αφή, Ομιλία</i>	
<i>Συνδεσιμότητα</i>	<i>Καμία</i>	<i>Σημείο με σημείο</i>	<i>Τοπικά Δίκτυα</i>	<i>Διαδίκτυο</i>	<i>Πρόσβαση από παντού</i>
<i>Διάθεση</i>	<i>Μεγάλες Επιχειρήσεις</i>	<i>Εταιρείες, Μεγάλοι Οργανισμοί</i>	<i>Ιδιώτες</i>	<i>Όλοι</i>	

2.3 Στοιχεία Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών

Μετά τη διαδρομή στη σταδιακή εξέλιξη των υπολογιστικών μηχανών έως τους σημερινούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές είναι αναγκαία μια επισκόπηση της αντίστοιχης εξέλιξης των αρχιτεκτονικών μοντέλων που ακολουθήθηκαν και ακολουθούνται για την εσωτερική τους οργάνωση και λειτουργία.

2.3.1 Τι είναι ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (H/Y)

Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής είναι ένα σύστημα, το οποίο αποτελείται από διάφορα συστατικά μέρη, γνωστά ως μονάδες (*units*) ή συσκευές (*components ή devices*), οι οποίες επιτελούν ένα σύνολο από διαφορετικές λειτουργίες. Το σύνολο των συσκευών αποτελούν τις φυσικές συνιστώσες ενός H/Y και ορίζουν την έννοια του υλικού (*hardware*). Ειδικότερα, ένας H/Y απαρτίζεται από συσκευές εισόδου και εξόδου (*input/output*) των πληροφοριών και δεδομένων αλλά και από συσκευές αποθήκευσης και επεξεργασίας των τελευταίων. Η σωστή λειτουργία του H/Y επιτυγχάνεται μέσα από χρήση ειδικού λογισμικού (*software*), με στόχο των συντονισμό της λειτουργίας των επιμέρους μονάδων. Από τον ορισμό αυτό διαφαίνεται η άρρηκτη σύνδεση μεταξύ του υλικού, του λογισμικού και των δεδομένων, στο πλαίσιο λειτουργίας ενός H/Y.



Εικόνα 2.10. Συστατικά μέρη H/Y

την σημερινή εποχή η έννοια ηλεκτρονικός υπολογιστής περιλαμβάνει ιδιότητες όπως γενικού σκοπού (*general purpose*), αυτόματος (*automatic*) και ψηφιακός (*digital*). Αναλυτικότερα, ο προσδιορισμός «ηλεκτρονικός» δείχνει ότι απαρτίζεται από ηλεκτρονικά στοιχεία, σε αντιδιαστολή προς άλλες υπολογιστικές συσκευές που βασίζονταν σε μηχανικά στοιχεία (π.χ. οδοντωτούς τροχούς) ή σε υδραυλικές διατάξεις. Ο προσδιορισμός «αυτόματος» σχετίζεται με την ιδιότητα του H/Y, ο οποίος αφού ενεργοποιηθεί από τον χρήστη του, εργάζεται πλέον αυτόματα, χωρίς εξωτερικές επεμβάσεις, εκτελώντας μια σειρά από εντολές. Ο προσδιορισμός «ψηφιακός» σημαίνει ότι η όλη λειτουργία του βασίζεται στο δυαδικό ψηφιακό σύστημα, σύμφωνα με το οποίο τόσο οι εντολές όσο και τα προς επεξεργασία δεδομένα είναι κωδικοποιημένα στο αριθμητικό δυαδικό σύστημα (ψηφία 0 και 1) χρησιμοποιώντας δυο διακριτές στάθμες ηλεκτρικών σημάτων, σε αντίθεση με

κάποιες αναλογικές συσκευές υπολογισμού, οι οποίες μετρούσαν φυσικά μεγέθη (π.χ. θερμοκρασία) με συνεχή τρόπο. Ο προσδιορισμός «γενικού σκοπού» τονίζει τη διαφορά υπολογιστικών δυνατοτήτων μεταξύ του Η/Υ και των παραδοσιακών αριθμομηχανών (*calculators*). Ενώ η αριθμομηχανή χειρίζεται μόνο αριθμητικά δεδομένα και εκτελεί απλά πράξεις ο Η/Υ έχει τη δυνατότητα εκτέλεσης προγραμμάτων (σειρών εντολών) και χειρίζεται όχι αποκλειστικά αριθμητικά ψηφία αλλά γενικότερα δεδομένα, τα οποία βέβαια είναι κωδικοποιημένα σε δυαδική μορφή. Επιπλέον, οι Η/Υ διαθέτουν τη δυνατότητα του επαναπρογραμματισμού με στόχο την εξυπηρέτηση νέων σκοπών. Όσο η προσπάθεια εμπλουτισμού των αριθμομηχανών με δυνατότητες αποθήκευσης και εκτέλεσης προγραμμάτων εντείνεται, τόσο αυτές συγκλίνουν προς την ιδέα του Η/Υ. Παρόλα αυτά, η όλη προσπάθεια ήταν από την αρχή περιορισμένη και λόγω του διαθέσιμου πλήθους και ποικιλίας εντολών, αποθηκευτικών μέσων και μεγέθους οθόνης εξόδου.

2.3.2 Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Ως Αρχιτεκτονική Υπολογιστών (*Computer Architecture*) ορίζεται η περιγραφή των λειτουργικών μονάδων και της συμπεριφοράς τους, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή στο επίπεδο του προγραμματιστή (*programmer*). Κατά τη διάρκεια εξέλιξης των Η/Υ προτάθηκαν μια σειρά από διαφορετικά μοντέλα για τη θεωρητική θεμελίωση αλλά και την υλοποίηση τους. Το πιο γνωστό από αυτά αφορά το μοντέλο του John Von Newman, το οποίο και αποτελεί τη βάση των σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων. Επιπλέον, μια σειρά από λιγότερο σύνθετα μοντέλα προτάθηκαν για να καλύψουν τις ανάγκες των πρώτων υπολογιστών. Περισσότερο πολύπλοκα μοντέλα δημιουργήθηκαν για να καλύψουν τις σημερινές εξελίξεις στο χώρο των Η/Υ. Πιο συγκεκριμένα τα μοντέλα που κατά καιρούς έχουν υιοθετηθεί για την υλοποίηση Η/Υ είναι τα εξής:

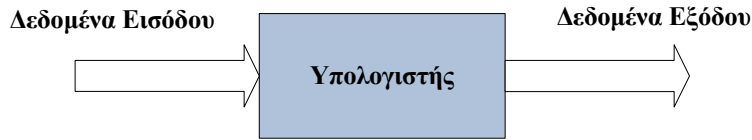
1. Το Μοντέλο του Επεξεργαστή Δεδομένων
2. Το Μοντέλο του Προγραμματιζόμενου Επεξεργαστή Δεδομένων
3. Το Μοντέλο του Von Neuman
4. Το Μοντέλο Αρτηριών Συστήματος
5. Το Ιεραρχικό Μοντέλο

Από τα παραπάνω μοντέλα, τα πρώτα τέσσερα ασχολούνται κυρίως με την περιγραφή των Η/Υ από την πλευρά του υλικού, ενώ το τελευταίο παρουσιάζει τη διάθρωση του από την πλευρά του λογισμικού και του χρήστη.

2.3.2.1 Το Μοντέλο του Επεξεργαστή Δεδομένων

Πρόκειται για το πιο απλό μοντέλο για την αρχιτεκτονική αναπαράσταση ενός Η/Υ. Σύμφωνα με αυτό ο υπολογιστής χρησιμεύει για την επίλυση συγκεκριμένων

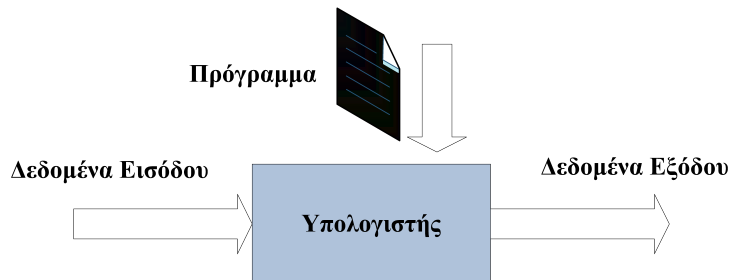
προβλημάτων μέσα από την τροφοδότηση του με δεδομένα εισόδου και την παραγωγή δεδομένων εξόδου. Οι εργασίες που καλείται να εκτελέσει ο Η/Υ στο Μοντέλο του Επεξεργαστή Δεδομένων είναι συγκεκριμένες και δεν μπορούν να αλλάξουν παρά μόνο μετά από την εσωτερική αναδιοργάνωση και επαναπρογραμματισμό του τελευταίου. Με τον τρόπο αυτό γίνεται φανερό ότι η ευελιξία του συγκεκριμένου μοντέλου είναι μικρή και δεν μπορεί με κανένα τρόπο να ικανοποιήσει τις σύγχρονες πολύπλοκες δομές των Η/Υ.



Εικόνα 2.11. Μοντέλο Επεξεργαστή Δεδομένων

2.3.2.2 Το Μοντέλο του Προγραμματιζόμενου Επεξεργαστή Δεδομένων

Η μετεξέλιξη του Μοντέλου Επεξεργαστή Δεδομένων προέκυψε με την εισαγωγή της έννοιας του προγράμματος (*program*). Με τη μετατόπιση του σκοπού του υπολογιστή από την εξυπηρέτηση του κατασκευαστή του στην εξυπηρέτηση του χρήστη του, υιοθετήθηκε η έννοια ενός Η/Υ που μπορεί να προγραμματίζεται από τον χρήστη του, του λεγόμενου προγραμματιζόμενου (*programmable*) Η/Υ. Ως πρόγραμμα ορίζεται το πεπερασμένο σύνολο των εντολών, των οποίων η εκτέλεση σε πεπερασμένο χρόνο οδηγεί στην επίλυση ενός προβλήματος ή στην εξυπηρέτηση του σκοπού του Η/Υ. Ο επαναπρογραμματισμός του Η/Υ μπορεί να πραγματοποιηθεί από τον προγραμματιστή (*programmer*) με την αλλαγή του προγράμματος και μόνο, χωρίς να είναι αναγκαία η τροποποίηση του υλικού (*hardware*).



Εικόνα 2.12. Μοντέλο Προγραμματιζόμενου Επεξεργαστή Δεδομένων

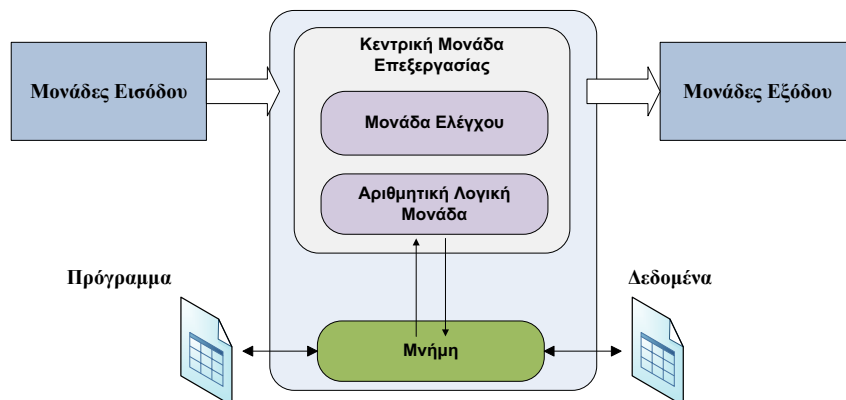
2.3.2.3 Το Μοντέλο Von Neumann

Η μεγάλη τομή στον χώρο των Υπολογιστών πραγματοποιήθηκε με την υιοθέτηση του μοντέλου Von Neumann (1944 – 1945). Βασικό σημείο του μοντέλου είναι ότι τα δεδομένα (*data*) όπως και οι εντολές που συνθέτουν το πρόγραμμα (*program*) μπορούν να αποθηκευτούν στον ίδιο χώρο. Επιπλέον, οι μονάδες που

επεξεργάζονται τα δεδομένα και οι μονάδες που αποθηκεύουν τα δεδομένα, τις εντολές και τα αποτελέσματα μπορεί να είναι διαφορετικές. Η εσωτερική διάρθρωση ενός Η/Υ με βάση το μοντέλο του Von Neumann απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.

Οι βασικές ιδιότητες και οι βασικές μονάδες του μοντέλου Von Neumann είναι οι παρακάτω:

1. Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (*Central Processing Unit – CPU*) αποτελεί τη μονάδα για την επεξεργασία των δεδομένων και την εκτέλεση των προγραμμάτων
2. Η Αριθμητική Λογική Μονάδα Ελέγχου (*Arithmetic and Logical Unit – ALU*) αποτελεί την υπομονάδα της CPU για την εκτέλεση των αριθμητικών και λογικών πράξεων,
3. Οι Μονάδες Εισόδου (*Input Units/Devices*) αποτελούν τα σημεία εισροής πληροφοριών και δεδομένων προς τον Η/Υ.
4. Οι Μονάδες Εξόδου (*Output Units/Devices*) αποτελούν τα σημεία εκροής πληροφοριών και δεδομένων προς τον χρήστη ή άλλα συστήματα.
5. Η Μνήμη (ή Κύρια Μνήμη – *Main Memory*) χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των δεδομένων και των εντολών των προγραμμάτων.
6. Η Μονάδα Ελέγχου (*Control Unit*) αποτελεί το σημείο ελέγχου και συντονισμού όλων των πιο πάνω μονάδων.



Εικόνα 2.13. Μοντέλο Von Neumann

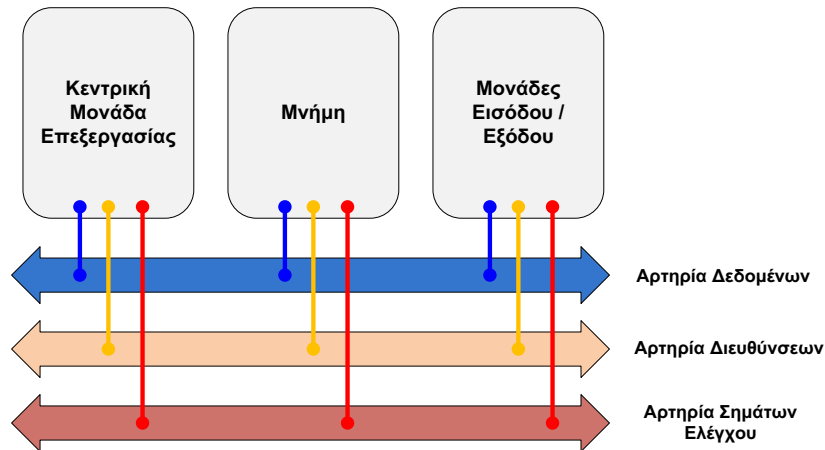
Επιπλέον, στο Μοντέλο Von Neuman ορίζονται οι έννοιες πρόγραμμα (*program*) και δεδομένα (*data*).

1. *Πρόγραμμα*: πρόκειται για ένα σύνολο πεπερασμένων εντολών που εκτελείται σειριακά (ακολουθιακά) – Διαφοροποίηση προγράμματος από δεδομένα.
2. *Δεδομένα*: πρόκειται για το σύνολο των πληροφοριών που εισέρχονται στο σύστημα (δεδομένα εισόδου) είτε εξέρχονται από αυτό (δεδομένα εξόδου), μετά την επεξεργασία τους.

Μια πιο αναλυτική παρουσίαση των μονάδων που αναφέρθηκαν, θα πραγματοποιηθεί στις παραγράφους που ακολουθούν.

2.3.2.4 Το Μοντέλο Αρτηριών Συστήματος

Οι εξελίξεις στον τεχνολογικό τομέα των τελευταίων δεκαετιών οδήγησαν στην υιοθέτηση πιο σύνθετων μοντέλων σε σχέση με αυτό του Von Neuman. Βασική διαφοροποίηση αποτέλεσε η εισαγωγή της έννοιας της αρτηρίας (*bus*). Ως αρτηρία ορίζεται ο διάυλος ή το μέσο επικοινωνίας και ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ δύο ή περισσότερων μονάδων του Η/Υ με κοινή/διαμοιραζόμενη ή αποκλειστική χρήση. Ο διαχωρισμός των συστατικών μερών ενός Η/Υ σε διακριτές μονάδες όπως πρόεκυψε από την υιοθέτηση του μοντέλου Von Neumann αλλά και η έντονη ανάγκη για ταχύτατη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους οδήγησε στην ανάδειξη των αρτηριών επικοινωνίας (*communication buses*) σε κρίσιμα σημεία της αρχιτεκτονικής των υπολογιστών. Επομένως, ο εκσυγχρονισμός του μοντέλου του von Neumann οδήγησε στο Μοντέλο Αρτηριών Συστήματος, σύμφωνα με το οποίο ένα υπολογιστικό σύστημα χωρίζεται πλέον σε 3 υπό-μονάδες και σε 3 βασικές αρτηρίες επικοινωνίας.



Εικόνα 2.14. Μοντέλο Αρτηριών Συστήματος

Οι μονάδες στο Μοντέλο Αρτηριών είναι οι παρακάτω:

- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (*Central Process Unit*),

- οι μονάδες εισόδου / εξόδου (*Input / Output Unit –I/O Unit*) και
- η μονάδα Μνήμης

Οι πληροφορίες (δεδομένα και πληροφορίες ελέγχου) ανταλλάσσονται μεταξύ των υπό-μονάδων μέσα από τρεις διαμοιραζόμενες (*shared*) αρτηρίες του συστήματος

- την Αρτηρία Διευθύνσεων (*address bus*)
- την Αρτηρία Δεδομένων (*data bus*)
- την Αρτηρία Ελέγχου (*control bus*)

Αναλυτικά παραδείγματα των βημάτων λειτουργίας ενός Η/Υ με βάση το μοντέλο αρτηριών δίδονται στη παράγραφο 2.5.5 *Επικοινωνία ΚΜΕ και Κύριας Μνήμης – Εκτέλεση Εντολών*.

2.3.2.5 Το Ιεραρχικό Μοντέλο

Τελευταίο μοντέλο, βάση του οποίου μπορεί να περιγραφεί ένα υπολογιστικό σύστημα, δίδοντας έμφαση στην πλευρά του λογισμικού αλλά και των χρηστών είναι το Ιεραρχικό Μοντέλο (*Hierarchical Model*). Η επικράτηση του λογισμικού ως πρωταρχικής σημασίας συστατικού για την λειτουργία ενός Η/Υ και την επικοινωνία των χρηστών σε σχέση με το υλικό ώθησε στην υιοθέτηση του εν λόγω μοντέλου. Βασικός στόχος του μοντέλου είναι η απόκρυψη των τεχνικών λεπτομερειών προς το χρήστη και η πιο λογική διασύνδεση του με τα επίπεδα ενός Η/Υ, με την έννοια του πώς τα αντιλαμβάνεται ο τελευταίος. Η διαστρωμάτωση του μοντέλου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2.15. Ιεραρχικό Μοντέλο

2.3.3 Σύγχρονες Τάσεις στην Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Η δημιουργία ισχυρών υπολογιστικών μονάδων για την εξυπηρέτηση απαιτητικών εφαρμογών οδήγησε στην υιοθέτηση μιας σειράς από τεχνικές και τεχνολογίες με στόχο πάντα τη μέγιστη απόδοση στο μικρότερο δυνατό κόστος. Τα τελευταία χρόνια μια ακόμα παράμετρος που προστέθηκε και επηρεάζει την ανάπτυξη όλων των υπολογιστικών συστημάτων είναι και η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντολογικών επιπτώσεων (γνωστό και ως green IT – *Information Technology*).

2.3.3.1 Παράλληλη Επεξεργασία (*Parallel Computing*)

Πρόκειται για την ταυτόχρονη εκτέλεση πράξεων υπολογισμού για την επίλυση «σύνθετων» προβλημάτων, στηριζόμενοι στην αρχή ότι τα τελευταία μπορούν να διασπαστούν σε μικρότερα προβλήματα, μικρότερης έκτασης, τα οποία επιλύονται ταυτόχρονα (παράλληλα). Υπάρχουν πολλές τεχνικές για την ανάπτυξη συστημάτων παράλληλης επεξεργασίας τόσο σε επίπεδο λογισμικού και λειτουργικών συστημάτων όσο και σε επίπεδο υλικού (*hardware*). Η συνεργασία και οι διαφοροποιήσεις των δυο αυτών επιπέδων οδηγούν σε μια σειρά από προσεγγίσεις στην υλοποίηση συστημάτων παράλληλης επεξεργασίας. Πιο συγκεκριμένα:

A. Πολυπύρηνη Επεξεργασία (*Multicore computing*)

Πρόκειται για την πιο πρόσφατη τάση στην παράλληλη επεξεργασία με την υιοθέτηση επεξεργαστών με πολλαπλούς “πυρήνες” (*cores*). Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιτρέψει την χρήση τέτοιων συστημάτων για την υλοποίηση προσωπικών υπολογιστών (*Personal Computers*).

B. Συμμετρική Πολύ Επεξεργασία (*Symmetric multiprocessing*)

Πρόκειται για υπολογιστικά συστήματα τα οποία διαθέτουν πολλαπλούς, πανομοιότυπους επεξεργαστές (όχι συνήθως πάνω από 32), οι οποίοι διαμοιράζονται την ίδια Κύρια Μνήμη και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ειδικών διαύλων. Η αύξηση του αριθμού των επεξεργαστών δεν συνεπάγεται ανάλογη αύξηση της υπολογιστικής ισχύς, αφού αυξάνεται η πολυπλοκότητα στο επίπεδο κατανομής των εργασιών αλλά και επικοινωνίας μεταξύ όλων των μερών του συστήματος συμμετρικής πολύ-επεξεργασίας.

Γ. Κατανεμημένη Επεξεργασία (*Distributed computing*)

Πρόκειται για υπολογιστικά συστήματα παρόμοια με αυτά της συμμετρικής πολύ-επεξεργασίας, των οποίων όμως οι μονάδες επεξεργασίας (πολυπύρρηνοι επεξεργαστές) συνδέονται μέσω δικτύου (*network*), προσφέροντας έτσι μεγάλη επεκτασιμότητα (*scalability*).

Δ. Παράλληλη Επεξεργασία Συστάδων Υπολογιστών (*Cluster computing*)

Οι συστάδες υπολογιστών (*cluster*), αποτελούνται από υπολογιστικές μονάδες, όχι κατά ανάγκη όμοιες, που συνδέονται μεταξύ τους μέσω δικτύου. Σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το λειτουργικό σύστημα, μέσω του οποίου πραγματοποιείται η «ενοποίηση» των διαφορετικών υπολογιστικών συστημάτων, με αποτέλεσμα τα τελευταία να συμπεριφέρονται ως ένας μοναδικός υπολογιστής. Με τη χρήση της αρχιτεκτονικής των συστάδων υπολογιστών υλοποιούνται σήμερα τα μεγαλύτερα υπολογιστικά συστήματα. Όταν ο αριθμός των επεξεργαστών/υπολογιστικών συστημάτων ξεπερνά τους/τα 100, τότε έχουμε την περίπτωση της μεγάλης κλίμακας παράλληλης επεξεργασίας (*massive parallel process*), στην οποία ανήκουν και οι υπερυπολογιστές (βλέπε 2.4 *Κατηγορίες σύγχρονων υπολογιστών*)

Ε. Παράλληλη Επεξεργασία Υπολογιστών Πλέγματος ή Πλεγματούπολογιστική (*Grid computing*)

Όπως και στην περίπτωση των *clusters*, η χρήση υπολογιστικών δομών πλέγματος συνίσταται στην αξιοποίηση μεγάλου αριθμού διαφορετικών υπολογιστών, οι οποίοι όμως συνδέονται και επικοινωνούν μέσω διαδικτύου (*Internet*). Όπως είναι αναμενόμενο οι χαμηλές ταχύτητες και ρυθμοί μετάδοσης των δεδομένων δεν επιτρέπουν την ανάπτυξη εφαρμογών με αυστηρές απαιτήσεις στην απόκριση. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική είναι ιδανική για την επίλυση πολύ απαιτητικών προβλημάτων, για τα οποία όμως δεν είναι δυνατόν να αφιερωθεί μεγάλος αριθμός πόρων, αλλά παρόλα αυτά, η εθελοντική συνεισφορά των χρηστών για την δημιουργία του πλέγματος οδηγεί σε συστήματα με τελική απόδοση ισοδύναμη μεγάλων υπολογιστικών συστημάτων. Παραδείγματα τέτοιων προσπαθειών είναι το SETI@home (*Search for Extra-Terrestrial Intelligence*⁶) ή το Folding@home (ανάλυση πρωτεϊνών και άλλων μοριακών ενώσεων⁷).

2.3.3.2 Υπηρεσίες Υπολογιστών Νέφους ή Νεφούπολογιστική (*Cloud computing*)

Η επικρατούσα τάση είναι η παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών προς τους χρήστες, μέσω των υπολογιστικών συστημάτων που αναλύθηκαν πιο πριν. Η έννοια του «σύννεφου» (*cloud*), θεωρείται το απαραίτητο βήμα για τη σύγκλιση μεταξύ των μεγάλων υπολογιστικών συστημάτων και του κόσμου των εφαρμογών και των υπηρεσιών των υπολογιστών. Σήμερα, οι εταιρείες, οι δημόσιοι οργανισμοί, τα πανεπιστήμια κ.λπ. στρέφονται προς τη χρήση και την αξιοποίηση των υποδομών του *cloud computing*, με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους, την μεγιστοποίηση της χρήσης (*utilization*), αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα το *cloud computing* δεν απαιτεί από τον οργανισμό που το υιοθετεί μεγάλη αρχική δαπάνη, παρέχει προς τους χρήστες καλύτερης ποιότητας λογισμικό, τελευταίας κυκλοφορίας, με τη δυνατότητα

⁶ Βλέπε <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>

⁷ Βλέπε <http://folding.stanford.edu/>

προσπέλασης από παντού (αρκεί μια σύνδεση στο internet). Η συντήρηση και η ανανέωση των υποδομών πραγματοποιούνται από τους παρόχους των υπηρεσιών κ.λπ.

2.3.3.3 Μοριακοί Υπολογιστές

Τελευταία εξέλιξη στον χώρο των υπολογιστών, αλλά και στην κατεύθυνση αναζήτησης διεξόδου στα «προβλήματα» (επίπεδο ολοκλήρωσης, υπερθέρμανση, χρονισμός κ.λπ.) που έχουν ανακύψει με τους περιορισμούς των υλικών κατασκευής των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων (συνήθως πυρίτιο) των συμβατικών υπολογιστών, είναι η κατασκευή μοντέλων αλλά και πειραματικών διατάξεων, οι οποίοι θα εκμεταλλεύονται τις ιδιότητες της ύλης σε μοριακό επίπεδο. Οι υπολογιστές αυτοί είναι γνωστοί ως μοριακοί υπολογιστές (*molecular computing*) και προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα (τουλάχιστον σε θεωρητικό επίπεδο) στο επίπεδο της αποθηκευτικής ικανότητας, της υπολογιστικής ισχύος αλλά και σε σχέση με την ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων αλλά και κρυπτογράφησης τους.

2.4 Κατηγορίες σύγχρονων υπολογιστών

Οι σημερινοί Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές διακρίνονται με βάση το μέγεθος και την υπολογιστική τους ισχύ. Ακολουθώντας αυτά τα δυο βασικά κριτήρια ορίζονται οι παρακάτω κατηγορίες υπολογιστών:

A. Υπερ-υπολογιστές ή *Super Computers*

Πίνακας 2.7. Πρώτη πεντάδα της λίστας Top500 των Υπερ-υπολογιστών⁸

Κατάταξη	Ονομασία	Αριθμός Επεξεργαστών	Αριθμός Πράξεων Κινητής Υποδιαστολής (Terra Flops)	Κατασκευαστής / Έτος	Τοποθεσία/ Χώρα
1	<i>Jaguar - Cray XT5-HE Opteron Six Core 2.6 GHz</i>	224.162	2331.00	<i>Cray Inc., 2009</i>	<i>Oak Ridge National Laboratory – Η.Π.Α.</i>
2	<i>Nebulae - Dawning TC3600 Blade, Intel X5650, NVidia Tesla C2050 GPU</i>	120.640	2984.30	<i>Dawning, 2010</i>	<i>National Supercomputing Centre in Shenzhen (NSCS) - Κίνα</i>
3	<i>Roadrunner - BladeCenter</i>	122400	1375.78	<i>IBM, 2009</i>	<i>DOE/NNSA/LANL – Η.Π.Α.</i>

⁸ Top500 Supercomputer list, June 2010, <http://www.top500.org>

	<i>QS22/LS21 Cluster, PowerXCell 8i 3.2 Ghz / Opteron DC 1.8 GHz, Voltaire Infiniband</i>				
4	<i>Kraken XT5 - Cray XT5-HE Opteron Six Core 2.6 GHz</i>	98.928	1028.85	<i>Cray Inc., 2009</i>	<i>National Institute for Computational Sciences/University of Tennessee – H.P.A.</i>
5	<i>JUGENE - Blue Gene/P Solution</i>	294.912	1002.70	<i>IBM, 2009</i>	<i>Forschungszentrum Juelich (FZJ) - Γερμανία</i>

Είναι οι μεγαλύτεροι σε μέγεθος Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές με χαρακτηριστικό την τεράστια υπολογιστική ισχύ δηλαδή την ταχύτητα υπολογισμών/εντολών που μπορούν να εκτελέσουν ανά δευτερόλεπτο (μερικά τρισεκατομμύρια εντολές ανά δευτερόλεπτο). Υποστηρίζουν την ταυτόχρονη χρήση του συστήματος από πολλούς χρήστες (multi-user) μέσω πολλαπλών κατανεμημένων τερματικών σταθμών και συνήθως χρησιμοποιούν ομάδα επεξεργαστών είτε σε παράλληλη διάταξη ή σε οργάνωση σύννεφου (parallel ή cloud computing). Μέχρι πρόσφατα, οι Υπερ-υπολογιστές λόγω του μεγάλου κόστους τόσο για ανάπτυξη και εγκατάσταση, όσο και για τη συντήρησή τους χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά σε μεγάλους κρατικούς οργανισμούς. Με την εξέλιξη όμως στο τομέα του hardware, ξεκίνησε η χρήση τους και από άλλους φορείς όπως τράπεζες για την υποστήριξη συστημάτων ταυτόχρονων on-line συναλλαγών σε πολλά υποκαταστήματα, κινηματογραφικά στούντιο για την προσθήκη ειδικών εφέ, όπου απαιτείται μεγάλη ταχύτητα επεξεργασίας, στις βιομηχανίες κατασκευής οχημάτων, αεροσκαφών κλπ. και τέλος στα πανεπιστήμια και τα ερευνητικά κέντρα, για τη διεξαγωγή πολύπλοκων και χρονοβόρων υπολογισμών. Σήμερα υπάρχει σχετική λίστα με τους ταχύτερους 500 Υπερ-υπολογιστές (Top500), η οποία ανανεώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι ταχύτεροι Υπερ-υπολογιστές τη χρονική στιγμή συγγραφής του παρόντος βιβλίου.

B. Μεγάλα Συστήματα ή Mainframes

Είναι συστήματα υψηλού κόστους αλλά και μεγάλης υπολογιστικής ισχύος. Είναι πολυ-χρηστικά (multi-user) και πολυ-εργασιακά (multi-tasking). Χρησιμοποιούνται συνήθως για εμπορικές εφαρμογές από μεγάλους οργανισμούς και επιχειρήσεις, όπως υπουργεία, τράπεζες κ.λπ., σε αντίθεση με τους Υπερ-υπολογιστές, οι οποίοι εκτελούν συνήθως ερευνητικές και επιστημονικές εργασίες. Η μεγάλη σημασία των mainframes είναι όχι τόσο η υπολογιστική ισχύς τους όσο η υψηλή αξιοπιστία και ασφάλεια τους, οι εκτεταμένες δυνατότητες εισόδου - εξόδου τους, η προς τα πίσω συμβατότητα με παλαιότερα λογισμικά και τα υψηλά

ποσοστά χρήσης προς εξυπηρέτηση μαζικών αιτήσεων. Οι μηχανές αυτές συχνά λειτουργούν επί χρόνια χωρίς διακοπή, επιτρέποντας επιδιορθώσεις και αναβαθμίσεις ακόμη και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους.

Γ. Μίνι Υπολογιστές ή mini computers

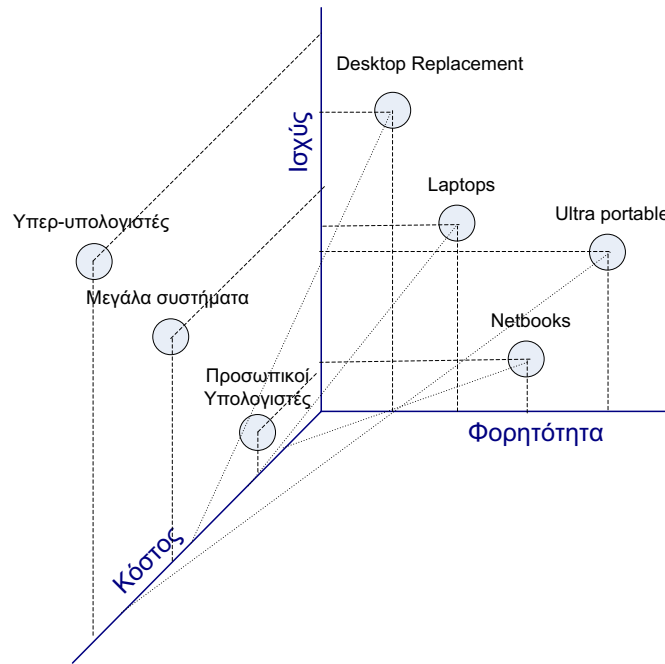
Είναι συστήματα κατά πολύ μικρότερα από τα προηγούμενα, δεν έχουν τόσο μεγάλες αποθηκευτικές ικανότητες ούτε τόσο μεγάλες ταχύτητες υπολογισμού. Το κόστος τους βέβαια είναι χαμηλότερο από αυτό των δυο προηγούμενων κατηγοριών. Με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας, η κατηγορία των μίνι Η/Υ αρχίζει να χάνει το νόημά της ως ξεχωριστή κατηγορία, καθώς οι υπολογιστές με αυτά τα χαρακτηριστικά εντάσσονται πλέον είτε στα μεγάλα συστήματα (λόγω της μείωσης του κόστους των μεγάλων συστημάτων), είτε στους προσωπικούς υπολογιστές (λόγω της αύξησης των δυνατοτήτων των προσωπικών υπολογιστών).

Δ. Προσωπικοί υπολογιστές ή Personal Computers

Αποκαλούνται και μικρο-υπολογιστές (*micro computers*). Τα συστήματα αυτά γνωρίζουν τη μεγαλύτερη ανάπτυξη, βελτίωση και διάδοση από όλες τις υπόλοιπες κατηγορίες. Είναι πολύ πρακτικοί από άποψη μεγέθους, καθώς χωρούν στην επιφάνεια ενός γραφείου (*desktop computers*), αλλά οι υπολογιστικές τους δυνατότητες – ιδιαίτερα των ισχυρότερων συστημάτων αυτής της κατηγορίας, των λεγόμενων σταθμών εργασίας (*workstation computers*) – είναι πάρα πολύ μεγάλες. Η μεγάλη τους διάδοση οφείλεται στο προσιτό κόστος τους, την άμεση δυνατότητα δικτυακής επικοινωνίας με την ενσωμάτωση του κατάλληλου οδηγού καθώς και την τεράστια υποστήριξή τους από τους οίκους λογισμικού (*software houses*).

Ε. Φορητοί υπολογιστές ή Portable/Mobile Computers

Οι φορητοί υπολογιστές ουσιαστικά ανήκουν στην κατηγορία των προσωπικών υπολογιστών, παρουσιάζονται όμως ξεχωριστά λόγω της ευκολίας μετακίνησής τους, η οποία είναι εφικτή με την ενιαία σύνδεση οθόνης, κεντρικής μονάδας και πληκτρολόγιου και το συνεπαγόμενο μικρό τους μέγεθος. Η εξέλιξη της τεχνολογίας κατέστησε την απόκτηση ενός φορητού υπολογιστή αρκετά προσιτή, χωρίς να είναι απαραίτητο να «θυσιάστουν» από την πλευρά του χρήστη μέρος των δυνατοτήτων που του προσφέρει ένας προσωπικός υπολογιστής γραφείου.



Εικόνα 2.16. Κατάταξη υπολογιστών σε σχέση με την ισχύ, την φορητότητα και το κόστος

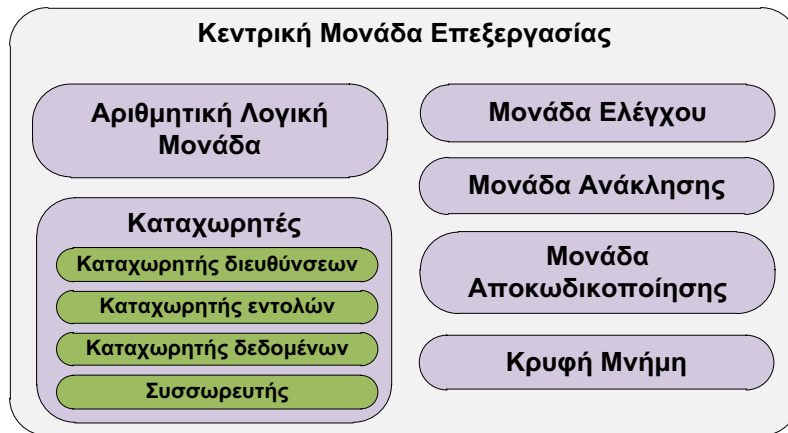
Οι φορητοί υπολογιστές διακρίνονται σε απλούς φορητούς (*laptop* ή *notebook*), σε υπερφορητούς (*ultra portable* ή τα νεώτερα *netbooks*) και στην κατηγορία που είναι γνωστή ως *desktop replacement*, δηλαδή τους φορητούς εκείνους με οθόνη τουλάχιστον 17 ιντσών και πολύ μεγάλη επεξεργαστική ισχύ. Άλλες κατηγορίες φορητών υπολογιστών είναι οι υπολογιστές παλάμης (*palmtop*), οι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (*personal digital assistants – PDAs*), οι φορητοί υπολογιστές αφής (*tablets*) και οι συσκευές κινητής τηλεφωνίας με έντονα τα χαρακτηριστικά ενός υπολογιστή, γνωστές και ως *smartphones*.

2.5 Οργάνωση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή – Περιφερειακές Μονάδες

Ακολουθώντας το μοντέλο των Αρτηριών, ως οδηγό για την εσωτερική οργάνωση ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστή, στις παραγράφους που ακολουθούν θα αναλυθεί το κάθε δομικό συστατικό του, καθώς και οι περιφερειακές συσκευές εισόδου / εξόδου.

2.5.1 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (ΚΜΕ)

Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας (*Central Process Unit - CPU*) αποτελεί τη βασική μονάδα ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστή, η οποία ελέγχει και συντονίζει τις διάφορες άλλες μονάδες του και είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση των εντολών και των αριθμητικών πράξεων.



Εικόνα 2.17. Εσωτερική διάρθρωση της ΚΜΕ

Για τη σωστή λειτουργία της ΚΜΕ απαιτούνται μια σειρά από επιμέρους υπομονάδες με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αναλυτικότερα, η εσωτερική διάρθρωση της ΚΜΕ έχει ως εξής:

Μονάδα Ελέγχου – ΜΕ (*Control Unit - CU*),
 Αριθμητική Λογική Μονάδα – ΑΛΜ (*Arithmetic Logic Unit - ALU*),
 Μονάδα Ανάκλησης (*Fetch Unit*),
 Μονάδα Αποκωδικοποίησης (*Decode Unit*),
 Καταχωρητές (*Registers*) και τη
 Λανθάνουσα/Κρυφή Μνήμη (*Cache Memory*).

Οι λειτουργίες της κάθε επιμέρους υπομονάδας είναι οι εξής:

A. Μονάδα Ελέγχου (*Control Unit*)

Είναι η μονάδα εκείνη της ΚΜΕ που ελέγχει και συντονίζει τις διάφορες μονάδες του Η/Υ και ρυθμίζει την επικοινωνία και την ανταλλαγή δεδομένων από/προς την ΑΛΜ προς/από την Κεντρική Μνήμη και τις Μονάδες Εισόδου-Εξόδου (I/O)

B. Αριθμητική – Λογική Μονάδα (*Arithmetic Logical Unit – ALU*)

Είναι η μονάδα εκείνη της ΚΜΕ που είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση των αριθμητικών και λογικών πράξεων.

Γ. Μονάδα Ανάκλησης (Fetch Unit)

Είναι η μονάδα εκείνη της ΚΜΕ που ανακαλεί την επόμενη εντολή του προγράμματος από τη σχετική θέση της Κεντρικής Μνήμης, της οποίας η διεύθυνση είναι καταχωρημένη στον καταχωρητή διευθύνσεων και την τοποθετεί προσωρινά στον καταχωρητή εντολών.

Δ. Μονάδα Αποκωδικοποίησης (Decode Unit)

Είναι η μονάδα εκείνη της ΚΜΕ που αποκωδικοποιεί την εντολή, ‘αντιλαμβάνεται’ δηλαδή τι ενέργεια ζητά από τον Η/Υ αυτός που έγραψε το πρόγραμμα και αποστέλλει τα κατάλληλα σήματα ελέγχου στις μονάδες εκείνες που εμπλέκονται στην εκτέλεση της εντολής. Η γλώσσα της εντολής είναι εκφρασμένη σε γλώσσα μηχανής (*machine language*), μια γλώσσα που απευθύνεται και είναι κατάλληλη για το συγκεκριμένο επεξεργαστή (CPU) κάθε φορά. Όλες οι εντολές σε γλώσσα μηχανής έχουν μεταγραφεί μέσω ειδικού μεταγλωττιστή από τη γλώσσα που χρησιμοποιεί ο προγραμματιστής στη γλώσσα που κατανοεί ο επεξεργαστής.

Ε. Καταχωρητές (Registers)

Οι καταχωρητές αποτελούν προσωρινές θέσεις μνήμης μέσα στην ΚΜΕ. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι η πολύ γρήγορη απόκριση (ταχύτητα) τόσο για την ανάγνωση και εγγραφή δεδομένων από και προς αυτούς. Οι κύριοι τύποι καταχωρητών είναι οι παρακάτω:

- **Καταχωρητής Διευθύνσεων (Address Register – AR).** Περιέχει τη διεύθυνση της θέσης στη μνήμη όπου βρίσκεται η επόμενη προς εκτέλεση εντολή, του προγράμματος που εκτελείτε από την ΚΜΕ.
- **Καταχωρητής Εντολών (Instruction Register – IR).** Περιέχει την επόμενη προς εκτέλεση εντολή (κώδικας σε γλώσσα μηχανής).
- **Καταχωρητές Δεδομένων (Data Register – DR).** Περιέχουν προσωρινά κάποια προς επεξεργασία δεδομένα. Χρησιμοποιούνται από τους προγραμματιστές για την εκτέλεση πολύπλοκων υπολογισμών.
- **Συσσωρευτής (Accumulator).** Χρησιμεύει για προσωρινή αποθήκευση των αποτελεσμάτων των αριθμητικών ή λογικών πράξεων που εκτελέστηκαν από την ΑΛΜ

Ζ. Λανθάνουσα ή Δευτερεύουσα ή Κρυφή Μνήμη (Cache Memory)

Η μνήμη αυτή είναι καλύτερης τεχνολογίας (σε σχέση με την Κεντρική Μνήμη) σε ότι αφορά την ταχύτητα προσπέλασης και χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση συχνά χρησιμοποιούμενων δεδομένων. Η εισαγωγή της Κρυφής Μνήμης ως τεχνική για την επιτάχυνση της επεξεργασίας των δεδομένων στην ΚΜΕ, στηρίζεται στην αρχή της τοπικότητας των αναφορών (*principality of locality*), η οποία ισχύει για τα δεδομένα που επεξεργάζονται τα προγράμματα. Με βάση αυτή την αρχή τα δεδομένα και οι πληροφορίες των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν είναι πολύ πιθανόν να επαναχρησιμοποιηθούν στο άμεσο μέλλον ή η πληροφορία που βρίσκεται κοντά στην πληροφορία που χρησιμοποιήθηκε στο παρόν είναι πιο πιθανόν να χρησιμοποιηθεί στο άμεσο μέλλον. Για τον λόγο αυτό η Κρυφή Μνήμη είναι ενσωματωμένη στο χώρο της ΚΜΕ, ώστε να ελαχιστοποιούνται ακόμη περισσότερο οι χρόνοι πρόσβασης σε σχέση με εκείνους που απαιτούνται για την επικοινωνία ΚΜΕ και κεντρικής μνήμης για τμήματα της πληροφορίας που ακολουθούν την αρχή της τοπικότητας των αναφορών.

2.5.2 Κεντρική μνήμη (*Main Memory*)

Η κεντρική μνήμη του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή είναι ένα σύνολο από ηλεκτρονικά στοιχεία στα οποία αποθηκεύονται προσωρινά τόσο εντολές όσο και δεδομένα. Για την εκτέλεση ενός προγράμματος πρέπει αυτό να μεταφερθεί από την περιφερειακή (σκληρός δίσκος συνήθως) στην κεντρική μνήμη. Επίσης στην κεντρική μνήμη, η οποία επικοινωνεί άμεσα και γρήγορα με την ΚΜΕ, αποθηκεύονται και τα δεδομένα, τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτέλεση του προγράμματος καθώς και τα ενδιάμεσα αποτελέσματα.

Η κεντρική μνήμη είναι ένας μεγάλος πίνακας, ο οποίος περιέχει θέσεις για την αποθήκευση πληροφορίας σε δυαδική μορφή. Η βασική μονάδα της πληροφορίας είναι η δυαδική λέξη (*byte*), η οποία είναι ένα σύνολο οκτώ (8) δυαδικών ψηφίων (*bits*). Κάθε θέση μνήμης χαρακτηρίζεται από τη διεύθυνσή της (*memory address*) και το περιεχόμενό της (*memory data*). Η διεύθυνση είναι ένας αριθμός (δυαδικός και αυτός), ο οποίος χαρακτηρίζει μονοσήμαντα τη συγκεκριμένη θέση, δηλαδή αποτελεί ένα είδος μοναδικής ταυτότητας, με βάση την οποία προσπελάζεται η μνήμη (για εγγραφή ή ανάγνωση των δεδομένων). Ο αριθμός των ψηφίων της διεύθυνσης δείχνει πόσες διαφορετικές θέσεις μνήμης μπορεί να διευθυνσιοδοτηθούν από το κάθε υπολογιστικό σύστημα και κατά συνέπεια το μέγιστο μέγεθος της Κεντρικής Μνήμης. Για παράδειγμα, διευθύνσεις των 16 bits⁹ αναφέρονται σε μνήμη των 64 Kbytes (2^{16} διαφορετικές θέσεις μνήμης με μέγεθος 8 bytes η κάθε μια), ενώ διευθύνσεις των 32 bits αναφέρονται σε συνολική μνήμη των 4 Mbytes (2^{32} διαφορετικές θέσεις μνήμης με μέγεθος 8 bytes η κάθε μια). Για

⁹ Ο υπολογισμός ακολουθεί τον τύπο 2^v , όπου v ο αριθμός των δυαδικών ψηφίων της διεύθυνσης μνήμης (βλέπε Κεφάλαιο 3)

να γίνει οποιαδήποτε εγγραφή ή ανάγνωση ενός δεδομένου πρέπει να δηλωθεί η διεύθυνση της σχετικής θέσης μνήμης.

Στις γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου, η διεύθυνση μιας θέσης μνήμης δεν δηλώνεται από κάποιο δυαδικό αριθμό αλλά ως όνομα μιας μεταβλητής (ή και ένα απλό γράμμα), μοναδικό σε όλη την έκταση του προγράμματος, το οποίο βέβαια αντιστοιχεί εσωτερικά στον σχετικό δυαδικό αριθμό. Στην εντολή εκχώρησης $X=A$, τα A και X είναι ονόματα (διευθύνσεις) θέσεων μνήμης. Η εντολή αυτή σημαίνει 'αποθήκευσε το περιεχόμενο της θέσης A και στη θέση X '.

2.5.2.1 Είδη Κεντρικής Μνήμης

Για την υλοποίηση και οργάνωση της Κύριας Μνήμης υπάρχουν διάφορες κατηγορίες και τύποι. Βασικά χαρακτηριστικά είναι η ταχύτητα/χρόνος προσπέλασης (access time) είτε για εγγραφή δεδομένων, είτε για την ανάγνωση αυτών, ο τρόπος προσπέλασης (άμεσα ή τυχαία – random – ή σειριακά – serial), η χωρητικότητα, η δυνατότητα επανεγγραφής, η διατήρηση των δεδομένων ακόμα και με την διακοπή της τροφοδοσίας (μη πτητική μνήμη ή *non-volatile memory*) ή όχι (πτητική μνήμη ή *volatile memory*) αλλά και το κόστος υλοποίησης. Με βάση τα παραπάνω κριτήρια τα είδη της Κεντρικής Μνήμης μπορεί να είναι:

A. Μνήμες πολλαπλής εγγραφής / ανάγνωσης

Πρόκειται για μνήμες στις οποίες μπορεί να πραγματοποιηθεί προσωρινή αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων, αναγκαία για την εκτέλεση των προγραμμάτων. Στις μνήμες αυτού του είδους επιτρέπεται η εγγραφή και διαγραφή των δεδομένων χωρίς περιορισμό. Επιπλέον, η διακοπή τροφοδοσίας με ρεύμα επιφέρει την απώλεια των δεδομένων. Υποκατηγορίες αυτής της κατηγορίας μνημών είναι οι εξής:

Μνήμη Άμεσης προσπέλασης (Random Access Memory - RAM)

Η προσπέλαση σ' αυτήν τη μνήμη γίνεται άμεσα (*random*), δηλαδή κατ' ευθείαν στην επιθυμητή θέση χωρίς να υπάρχει ανάγκη προηγούμενης προσπέλασης όλων των προηγούμενων θέσεων. Η μνήμη RAM αναφέρεται συνήθως στην Κύρια Μνήμη ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Οι τεχνολογίες υλοποίησης και οι τύποι είναι σήμερα πάρα πολλοί και συνήθως η επιλογή εξαρτάται από το κόστος και την ταχύτητα προσπέλασης (*DRAM: Dynamic RAM, SIMM: Single In-line Memory Module, DIMM: Dual In-line Memory Module, DDR/2/3 SDRAM: Double Data Rate Synchronous Dynamic RAM* κ.λπ.).

Μνήμες υψηλότερης ταχύτητας προσπέλασης

Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η Κρυφή ή η Λανθάνουσα Μνήμη (*cache*) και οι καταχωρητές (*registers*). Η υλοποίηση αυτών των μνημών χρησιμοποιεί τις ίδιες αλλά πιο γρήγορες τεχνολογίες, όπως και στην περίπτωση της RAM.

Μνήμες ενδιάμεσης προσωρινής διατήρησης δεδομένων (data buffers)

Ειδική κατηγορία μνημών RAM είναι οι μνήμες ενδιάμεσης προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων ή buffers. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιφερειακές συσκευές (εκτυπωτές – οθόνες κ.λπ.) για την προσωρινή αποθήκευση της πληροφορίας που οδεύει προς την περιφερειακή συσκευή. Κύρια χαρακτηριστικά τους είναι η πολλαπλή εγγραφή/ανάγνωση, η απώλεια των εγγραφών με τη διακοπή της ηλεκτρικής παροχής και η παροχή των δεδομένων με την τεχνική FIFO (*First in – First out*)

B. Μνήμες μόνο ανάγνωσης – Read Only Memory (χωρίς δυνατότητα εγγραφής ή το πολύ μιας εγγραφής)

Βασικό χαρακτηριστικό των μνημών μόνο ανάγνωσης είναι η δυνατότητα διατήρησης των δεδομένων ακόμα και μετά την διακοπή της παροχής με ηλεκτρικό ρεύμα. Συνήθως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων απαραίτητων για βασικές λειτουργίες του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή και δεν αποτελούν επιλογή για την υλοποίηση της Κεντρικής Μνήμης. Σήμερα υπάρχουν και τύποι μνημών ROM, οι οποίες μπορούν να επαναεγγραφούν κάτω από συγκεκριμένες διαδικασίες. Οι πιο γνωστές είναι οι παρακάτω:

- Μνήμες μιας εγγραφής - πολλαπλής ανάγνωσης (*PROM - programmable ROM*)
- Διαγράψιμη Προγραμματιζόμενη Μνήμη μόνο για ανάγνωση (*EPROM – Erasable Programmable ROM*)
- Ηλεκτρονικά Διαγράψιμη Προγραμματιζόμενη Μνήμη μόνο για ανάγνωση (*EEPROM – Electronic Erasable Programmable ROM*)

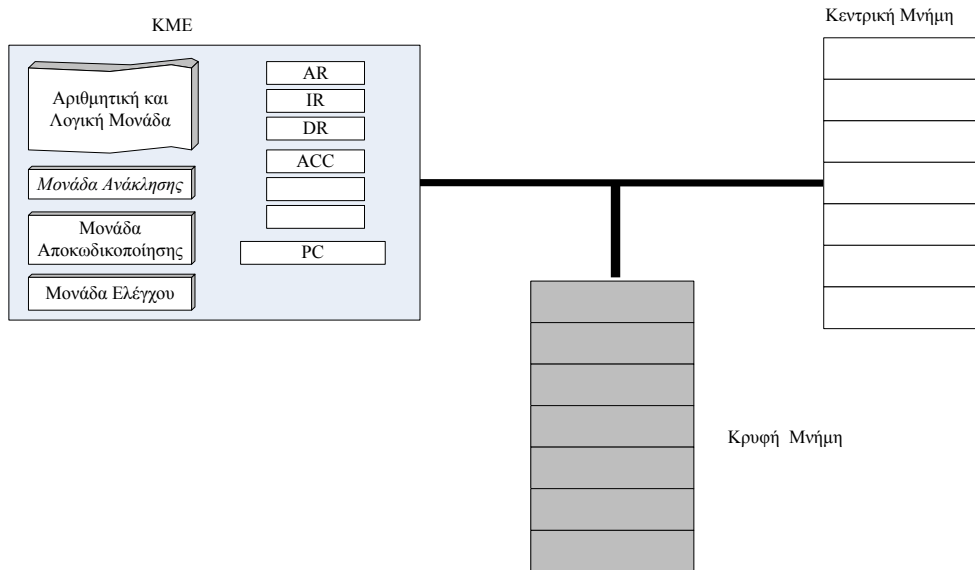
2.5.2.2 Κρυφή Μνήμη

Η κρυφή μνήμη είναι γρηγορότερη (αλλά και με μεγαλύτερο κόστος) 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. Η κρυφή μνήμη περιέχει συνεχώς ένα αντίγραφο κάποιου τμήματος της κύριας μνήμης. Όταν η ΚΜΕ πρέπει να προσπελάσει μια λέξη στην κύρια μνήμη ακολουθείται η εξής διαδικασία:

- Η ΚΜΕ ελέγχει την κρυφή μνήμη
- Αν το περιεχόμενο που αναζητά είναι αποθηκευμένο στην κρυφή μνήμη, τότε το αντιγράφει / προσπελαύνει από εκεί. Αν όχι, η ΚΜΕ προσπελαύνει την

κύρια μνήμη και αντιγράφει και αντικαθιστά το περιεχόμενο της κρυφής μνήμης με τα δεδομένα που αναζητά.

- Η ΚΜΕ προσπελάζει την κρυφή μνήμη.



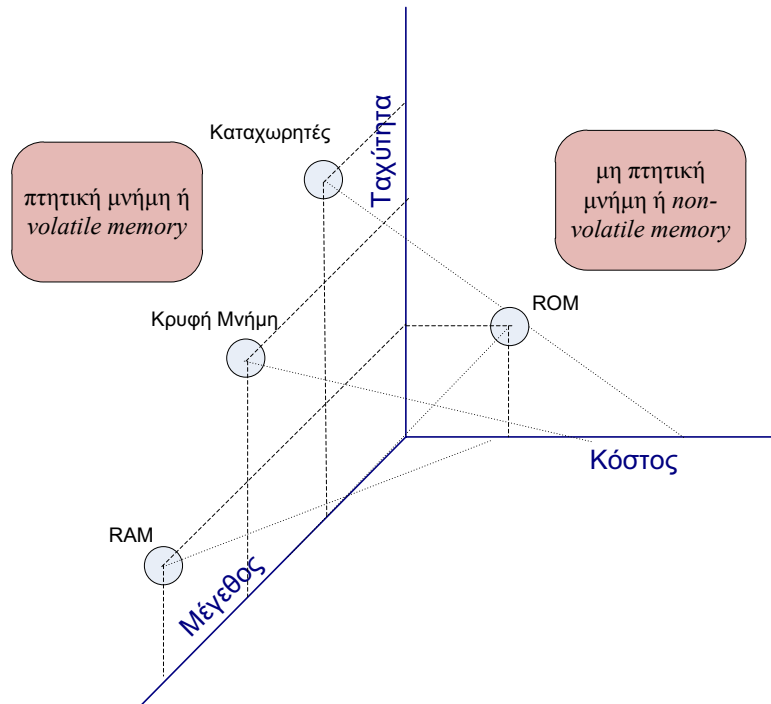
Εικόνα 2.18. Κρυφή Μνήμη

Η ιδέα από την υιοθέτηση της τεχνικής της κρυφής μνήμης στηρίζεται στον «Κανόνα 80-20» (ή αρχή Pareto όπως είναι πιο γνωστή), η οποία βρίσκει εφαρμογή σε πολλά κοινωνικά, οικονομικά και τεχνικά ζητήματα¹⁰. Η εφαρμογή του κανόνα 80-20 στους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές έχει ως εξής: «Το 80 τοις εκατό του χρόνου, στους περισσότερους υπολογιστές, αφιερώνεται για να προσπελαστούν το 20 τοις εκατό των δεδομένων». Επομένως, συνήθως προσπελαύνονται τα ίδια και τα ίδια δεδομένα, επομένως στην κρυφή μνήμη μπορούμε να αποθηκεύσουμε μέρος του 20% των δεδομένων και να αυξήσουμε την απόδοση του συστήματος

2.5.2.3 Ιεραρχία Μνήμης

Η ανάλυση και η παρουσίαση των διαφόρων κατηγοριών και επιπέδων μνήμης (Κύριας και άλλων αποθηκευτικών μνημών περιφερειακά της ΚΜΕ), εύκολα καταλήγει στην υιοθέτηση τεσσάρων βασικών κριτηρίων για την αξιολόγηση των δυνατοτήτων της. Πιο συγκεκριμένα:

¹⁰ π.χ. το 80% των εσόδων μιας εταιρείας προέρχονται από το 20% των πελατών, το 80% του πλούτου μιας κοινωνίας κατέχεται από το 20% του πληθυσμού κ.λπ.



Εικόνα 2.19. Κατάταξη κατηγοριών μνήμης σε σχέση με την ταχύτητα, το μέγεθος και το κόστος

- **Ταχύτητα απόκρισης (latency):** με βάση αυτό το κριτήριο αξιολογείται η ταχύτητα της μνήμης, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά ή αποθήκευση δεδομένων από και προς αυτή. Το συγκεκριμένο κριτήριο συνδέεται άμεσα με το **ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (data transfer rate)** από και προς την μνήμη, ο οποίος μετριέται συνήθως σε εκατομμύρια ή δισεκατομμύρια σήματα μεταφοράς το δευτερόλεπτο (*Million Transfers per second* ή *MT/s*) ή σε εκατομμύρια/δισεκατομμύρια ψηφιολέξεις (bytes) το δευτερόλεπτο (Mbytes/Gbytes per second ή *MB/s – GB/s*). Βασικό μέγεθος για την αξιολόγηση της ταχύτητας μιας μνήμης είναι η συχνότητα λειτουργίας του εσωτερικού ρολογιού (*internal clock rate*), η οποία στις μέρες μας φθάνει και τα 1333Mhz.
- **Μέγεθος ή αποθηκευτική ικανότητα (capacity):** με βάση αυτό το κριτήριο κατατάσσονται οι μνήμες σε σχέση με την αποθηκευτική τους ικανότητα. Η αποθηκευτική ικανότητα των καταχωρητών και της κρυφής μνήμης ξεκινά

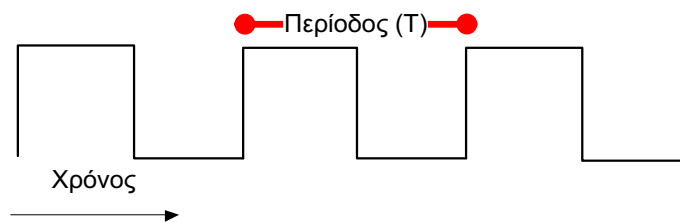
από κάποια Kbytes και Mbytes και φθάνει για την Κύρια Μνήμη σε μερικά Gbytes.

- **Κόστος (*cost*):** Από τα πιο κρίσιμα κριτήρια αξιολόγησης των κατηγοριών μνήμης. Όπως είναι αναμενόμενο όσο ταχύτερη ή μεγαλύτερη η αποθηκευτική ικανότητα μιας μνήμης τόσο πιο μεγάλο και το κόστος απόκτησης της.

Ένα άλλο σημαντικό κριτήριο (on-off) είναι η διατήρηση ή όχι των δεδομένων μετά την διακοπή της παροχής ρεύματος (βλέπε 5.2.1.1 Είδη Κεντρικής Μνήμης). Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται η κατάταξη των μνημών με βάση την ταχύτητα, το μέγεθος και το κόστος.

2.5.3 Χρονισμός Ρολογιού Ηλεκτρονικού Υπολογιστή

Ιδιαίτερη σημασία, για τη λειτουργία ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστή έχει η συχνότητα του ρολογιού (*clock*), δηλαδή η περιοδική παραγωγή ενός ηλεκτρονικού τετραγωνικού παλμού από τη Μονάδα Ελέγχου. Μέσω του παλμού του ρολογιού του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή «συντονίζονται» οι επιμέρους μονάδες του (όπως ΚΜΕ, Κύρια Μνήμη, Μονάδες Εξόδου/Εισόδου κ.λπ.), επιτυγχάνοντας έτσι τη σωστή λειτουργία του. Η περίοδος του σήματος του ρολογιού καθορίζει το χρόνο της στοιχειώδους λειτουργίας του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.



Εικόνα 2.20. Παλμοί ρολογιού (*clock*)

Η παραγωγή του παλμού πραγματοποιείται μέσα από μια διάταξη χαλαζία με απόλυτα σταθερό ρυθμό. Σε κάθε «κτύπο» του ρολογιού εκτελείται μια στοιχειώδης λειτουργία της ΚΜΕ. Η συχνότητα των παλμών μετριέται σε MHz ή GHz, αριθμός που δείχνει πόσα εκατομμύρια ή αντίστοιχα δισεκατομμύρια παλμοί παράγονται στη μονάδα του χρόνου και συνεπώς πόσες στοιχειώδεις λειτουργίες έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει ο επεξεργαστής μέσα σε 1 sec. Στην παρούσα εποχή μία τυπική συχνότητα είναι περί τα 3 με 4 GHz. Ο αριθμός αυτός δεν συμπίπτει αναγκαστικά με τον αριθμό των εκτελούμενων εντολών εφόσον κάθε εντολή αντιστοιχεί σε μια σειρά στοιχειωδών λειτουργιών (π.χ. μεταφορά δεδομένων, πρόσθεση δεδομένων, εγγραφή αποτελεσμάτων κ.λπ.) Προφανώς

όμως όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα των παλμών τόσο περισσότερες εντολές εκτελούνται μέσα σε 1 sec.

2.5.4 Κύκλος Εντολής

Όπως ήδη ειπώθηκε η εκτέλεση μιας εντολής σε ένα Ηλεκτρονικό Υπολογιστή μπορεί να διαρκέσει πάνω από έναν παλμό του ρολογιού του υπολογιστή, ανάλογα με τον βαθμό πολυπλοκότητας της εντολής. Η διάρκεια εκτέλεσης μιας εντολής, ως ότου να ξεκινήσει η εκτέλεση της επόμενης, καλείται κύκλος εντολής. Ο κύκλος εντολής αποτελείται από τέσσερα διαφορετικά στάδια:

- *Στάδιο ανάκλησης (fetch)*: Η εντολή μεταφέρεται από την Κύρια Μνήμη προς την ΚΜΕ για να εκτελεστεί.
- *Στάδιο αποκωδικοποίησης (decode)*: Η εντολή αναλύεται στην ΚΜΕ και καθορίζεται η λειτουργία της καθώς και οι απαραίτητες μονάδες που πρέπει να συνεργαστούν για την εκτέλεση της.
- *Στάδιο εκτέλεσης (execute)*: Η εντολή εκτελείται με την υλοποίηση όλων των απαραίτητων βημάτων.
- *Στάδιο αποθήκευσης του αποτελέσματος (store/writeback)*: Τα αποτελέσματα που παράγονται από την εκτέλεση της εντολής αποθηκεύονται στις μονάδες μνήμης ή παρουσιάζονται στο χρήστη μέσω των μονάδων εξόδου.

Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί αναλυτική παρουσίαση παραδειγμάτων εντολών και του τρόπου συνεργασίας όλων των μονάδων ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστή για την εκτέλεσή τους.

2.5.5 Επικοινωνία ΚΜΕ και Κύριας Μνήμης – Εκτέλεση Εντολών

Η λειτουργία της ΚΜΕ θα φανεί καλύτερα μέσα από συγκεκριμένα παραδείγματα εκτέλεσης εντολών και την αναλυτική περιγραφή των φάσεων επικοινωνίας της με την κεντρική μνήμη.

Η μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διαφόρων μονάδων του Η/Υ γίνεται μέσω των λεγόμενων διαύλων (*buses*). Όπως ήδη έχει αναφερθεί (βλέπε 2.3.2.4 *Το Μοντέλο Αρτηριών Συστήματος*) υπάρχουν τρία είδη διαύλων, ο διάυλος διευθύνσεων, ο διάυλος δεδομένων και ο διάυλος ελέγχου. Μέσω του διαύλου ελέγχου η Μονάδα Ελέγχου (ME) στέλνει σήματα ελέγχου στις διάφορες μονάδες, όπως το σήμα ανάγνωσης (*read signal*) ή το σήμα εγγραφής (*write signal*) προς την Κεντρική Μνήμη. Μέσω του διαύλου διευθύνσεων η ME στέλνει την πληροφορία στην Κεντρική Μνήμη για το ποιά είναι η διεύθυνση της θέσης μνήμης από την οποία πρόκειται να διαβάσει ή να εγγράψει δεδομένα. Τέλος μέσω του διαύλου δεδομένων μεταφέρεται από τον συσσωρευτή (*accumulator*) σε μια συγκεκριμένη θέση μνήμης ένα δεδομένο, εφόσον πρόκειται για εγγραφή στη μνήμη, ενώ

αντίθετα μεταφέρεται από μια συγκεκριμένη θέση μνήμης στο συσσωρευτή ένα δεδομένο, εφόσον πρόκειται για ανάγνωση από τη μνήμη.

Οι δίαυλοι αποτελούνται από ένα σύνολο παράλληλων γραμμών (καλωδίων) μέσα από τις οποίες μπορεί να οδεύσει ένα ηλεκτρικό σήμα, του οποίου οι μόνες επιτρεπτές τιμές είναι δύο και αναπαριστούν τα δυαδικά ψηφία 0 και 1. Το πλήθος των γραμμών καθορίζει και το μέγεθος των τιμών που μπορούν να διακινηθούν. Ένας δίαυλος διευθύνσεων 16 γραμμών μπορεί να διευθύνσει 2¹⁶ (65536) διαφορετικές θέσεις μνήμης, δηλαδή επιτρέπει προσπέλαση σε 64 Kbytes μνήμης (με την προϋπόθεση ότι η κάθε θέση μνήμη έχει μέγεθος 1 byte). Ένας δίαυλος δεδομένων 16 γραμμών μπορεί να αναπαραστήσει, άρα και να μεταφέρει, 2¹⁶ (65.536) διαφορετικούς αριθμούς, επιτρέποντας τη μεταφορά με μια προσπέλαση των αριθμών στο διάστημα -32.768 έως 32.767 (αν πρόκειται για ακέραιους).

Κρίσιμο επίσης είναι το μέγεθος των καταχωρητών (συσσωρευτή και δεδομένων), γιατί όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθός τους τόσο γρηγορότερα εκτελούνται οι πράξεις. Ένας «32-μπιτος» επεξεργαστής (με καταχωρητές δηλ. 32 θέσεων) εκτελεί στον μισό χρόνο μια πράξη δύο 32-μπιτων αριθμών από ένα 16-μπιτο επεξεργαστή, ο οποίος θα έπρεπε να «σπάσει» τους αριθμούς σε δύο μέρη, να κάνει τις επιμέρους πράξεις και μετά να ανασυνθέσει το αποτέλεσμα.

Ο εκτελέσιμος κώδικας μηχανής ενός προγράμματος βρίσκεται αποθηκευμένος υπό τη μορφή ενός αρχείου στη μόνιμη περιφερειακή μνήμη (δίσκο). Μόλις ζητηθεί από το χρήστη εκτέλεση του προγράμματος, το πρόγραμμα μεταφέρεται υπό τον έλεγχο του Λειτουργικού Συστήματος (*operating system*) κατά τμήματα από την περιφερειακή στην κεντρική μνήμη.

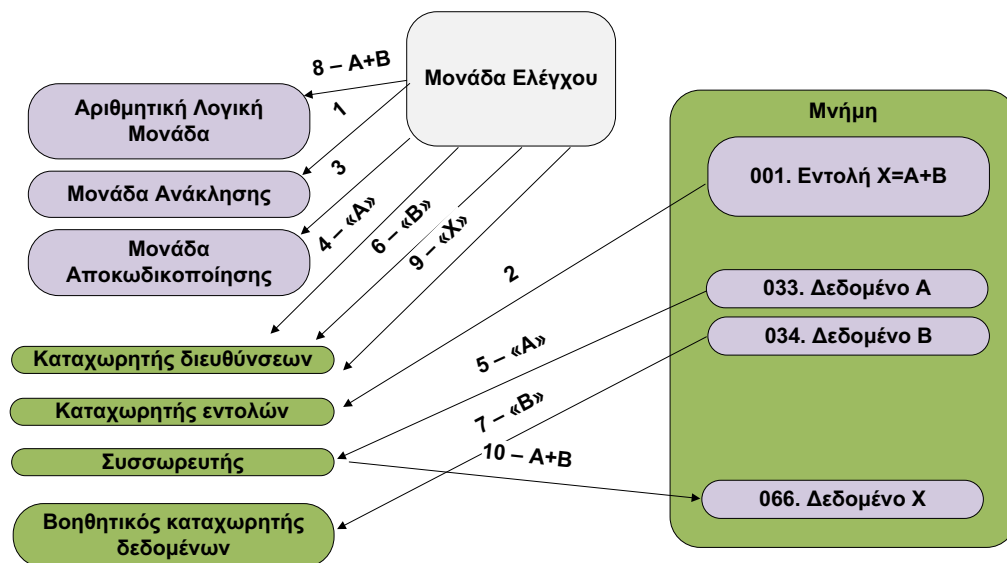
Η ΜΕ, υπεύθυνη για το συντονισμό όλων των μονάδων κατά τη διάρκεια εκτέλεσης μιας εντολής, πραγματοποιεί τα παρακάτω βήματα:

1. Στέλνει σήμα για μεταφορά της διεύθυνσης της πρώτης προς εκτέλεση εντολής στον καταχωρητή διευθύνσεων (*address register*).
2. Στέλνει σήμα για ανάκληση της εντολής από την κεντρική μνήμη και τοποθέτησή της στον καταχωρητή εντολών (*instruction register*).
3. Στέλνει σήμα για αποκωδικοποίηση της εντολής από τη μονάδα αποκωδικοποίησης (*decode unit*).
4. Ανάλογα με τον τύπο της εντολής θα σταλούν τα κατάλληλα σήματα στην ΑΛΜ και στην κεντρική μνήμη ή τη Μονάδα Εισόδου ή Εξόδου για εκτέλεση της εντολής.

Κάθε φορά για την εκτέλεση μιας εντολής ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται. Στη συνέχεια παρουσιάζονται συγκεκριμένες εντολές για την καλύτερη κατανόηση εκείνου του μέρους που αφορά στην εκτέλεση της εντολής μετά την αποκωδικοποίησή της (βήμα 4).

2.5.5.1 Εντολή πρόσθεσης δυο τιμών ($X = A + B$)

Η ΜΕ στέλνει εντολή στην μονάδα ανάκλησης για να «διαβαστεί» η επόμενη προς εκτέλεση εντολή (Βήμα 1). Η εντολή μεταφέρεται στον καταχωρητή εντολών (Βήμα 2) και με την βοήθεια της μονάδας αποκωδικοποίησης (Βήμα 3) αναλύονται οι επόμενες προς εκτέλεση ενέργειες. Η ΜΕ στέλνει μέσω του διαύλου ελέγχου σήμα ανάγνωσης στην κεντρική μνήμη. Στη συνέχεια στέλνει μέσω του διαύλου διευθύνσεων τη διεύθυνση της θέσης μνήμης όπου βρίσκεται αποθηκευμένο το δεδομένο Α (Βήμα 4), οπότε αυτό έπειτα μεταφέρεται μέσω του διαύλου δεδομένων από την κεντρική μνήμη στο συσσωρευτή της ΚΜΕ (Βήμα 5). Τα ίδια βήματα ακολουθούνται και για το δεδομένο Β που μεταφέρεται τελικά από την κεντρική μνήμη σε ένα βοηθητικό καταχωρητή δεδομένων της ΚΜΕ (Βήμα 6 και 7). Στην συνέχεια, η ΜΕ αποστέλλει σήμα προς την ΑΛΜ, η οποία εκτελεί την πρόσθεση (Βήμα 8). Το αποτέλεσμα της πρόσθεσης (X) αποθηκεύεται προσωρινά στον συσσωρευτή.



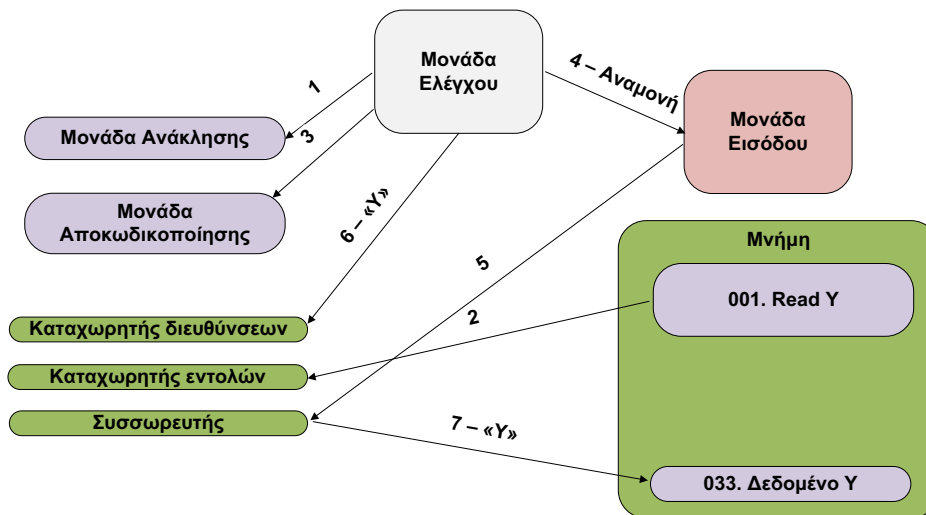
Εικόνα 2.21. Εντολή πρόσθεσης $X=A+B$

Στη συνέχεια ο καταχωρητής διευθύνσεων παίρνει τιμή ίση με X (Βήμα 9), όπου θα αποθηκευτεί το αποτέλεσμα της πρόσθεσης. Μέσω του διαύλου δεδομένων μεταφέρεται το δεδομένο από τον συσσωρευτή της ΚΜΕ στην κεντρική μνήμη (Βήμα 10). Κατόπιν η ΜΕ στέλνει μέσω του διαύλου ελέγχου σήμα εγγραφής στην κεντρική μνήμη.

2.5.5.2 Εντολή εισόδου δυο τιμών (READ Y ή INPUT Y)

Η ΜΕ στέλνει εντολή στην μονάδα ανάκλησης για να «διαβαστεί» η επόμενη προς εκτέλεση εντολή (Βήμα 1). Η εντολή μεταφέρεται στον καταχωρητή εντολών

(Βήμα 2) και με την βοήθεια της μονάδας αποκωδικοποίησης (Βήμα 3) αναλύονται οι επόμενες προς εκτέλεση ενέργειες. Η ΜΕ στέλνει σήμα στη ΚΜΕ να «αδρανήσει» (Βήμα 4) μέχρις ότου εισαχθεί το δεδομένο από τη μονάδα εισόδου (π.χ. το πληκτρολόγιο). Το δεδομένο (Y) αποθηκεύεται προσωρινά στον συσσωρευτή (Βήμα 5). Κατόπιν η ΜΕ στέλνει μέσω του διαύλου ελέγχου σήμα εγγραφής στην κεντρική μνήμη. Στη συνέχεια στέλνει μέσω του διαύλου διευθύνσεων τη διεύθυνση της θέσης μνήμης όπου θα αποθηκευτεί το δεδομένο Y (Βήμα 6) και μετά μεταφέρεται το δεδομένο Y μέσω του διαύλου δεδομένων από τον συσσωρευτή της ΚΜΕ στην κεντρική μνήμη (Βήμα 7).



Εικόνα 2.22. Εντολή Εισόδου (Read Y ή Input Y)

2.5.6 Αρχεία – Περιφερειακή Μνήμη

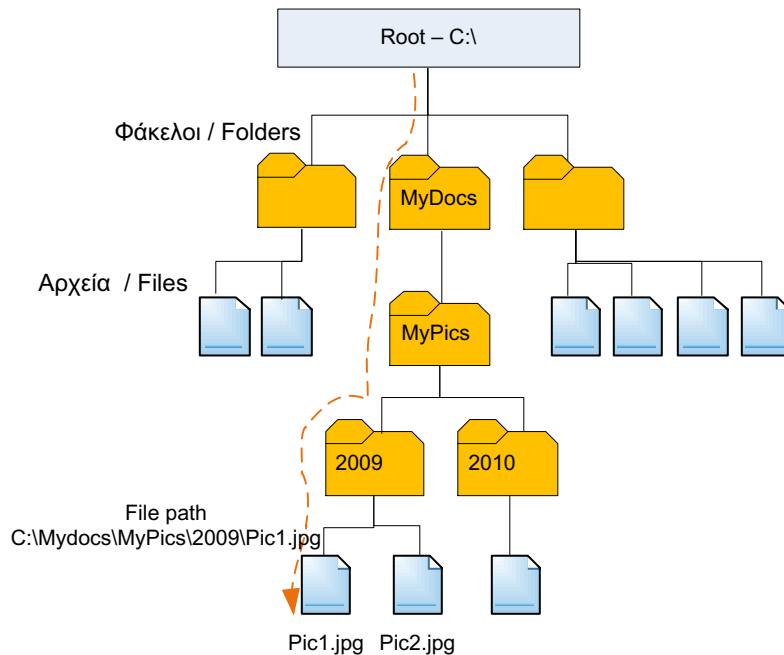
Η περιφερειακή μνήμη και τα αρχεία είναι τα δυο βασικά στοιχεία για τη μόνιμη αποθήκευση και την ανάκληση των δεδομένων από και προς την Κύρια Μνήμη σε ένα Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Στην συνέχεια εξετάζονται οι βασικές αρχές του συστήματος αρχείων ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστή (*filesystem*) αλλά και οι βασικοί τύποι περιφερειακής μνήμης.

2.5.6.1 Αρχεία

Τα αρχεία, που βρίσκονται στα διάφορα είδη περιφερειακής μνήμης χρησιμεύουν για την επεξεργασία των πληροφοριών από την Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, μέσω της μεταφοράς τους από και προς την Κύρια Μνήμη.

Τα αρχεία είναι δύο τύπων, τα εκτελέσιμα αρχεία ή αρχεία προγραμμάτων (*executable files* ή *program files*) και τα αρχεία δεδομένων (*data files*). Τα αρχεία δεδομένων περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την εκτέλεση ή αποτελέσματα των

προγραμμάτων και δημιουργούνται, συνήθως, από κάποιο πρόγραμμα. Αντίθετα οι πληροφορίες που φυλάσσονται και αποτελούν τις εντολές ενός προγράμματος παράγουν μετά από επεξεργασία τα αρχεία προγραμμάτων. Τόσο τα αρχεία δεδομένων όσο και τα εκτελέσιμα αρχεία είναι σε δυαδική μορφή (*binary files*), κατανοητή από τον Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας. Τα αρχεία δεδομένων περιέχουν πληροφορία όπως κείμενο σε απλή ή εμπλουτισμένη μορφή, εικόνες, ήχο, βίντεο ή και πιο σύνθετες οντότητες. Από την άλλη τα εκτελέσιμα αρχεία περιέχουν τις εντολές του προγράμματος σε κατάλληλη, κατανοητή μορφή από τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή (δηλαδή σε γλώσσα μηχανής – βλέπε Κεφάλαιο 4).



Εικόνα 2.23. Οργάνωση Αρχείων – Μονοπάτι / File path

Τα αρχεία προσδιορίζονται από τα εξής χαρακτηριστικά:

- το περιεχόμενό τους (*content*)
- το όνομα τους και την προέκτασή τους (*filename* και *file extension*)
- τη θέση τους στο σύστημα αρχείων του αποθηκευτικού μέσου (*file path* ή μονοπάτι αρχείου)

Το όνομά τους σε μια συγκεκριμένη θέση στο σύστημα αρχείων πρέπει να είναι μοναδικό. Το Λειτουργικό Σύστημα του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή έχει τη γενική εποπτεία της περιφερειακής μνήμης, του συνολικού χώρου αποθήκευσης, ο οποίος μπορεί κάτω από τις εντολές των χρηστών να διαμοιραστεί σε μικρότερους χώρους (ή περιοχές), αυτοί σε ακόμη μικρότερους (υποπεριοχές) κλπ. Έτσι δημιουργείται μια ιεραρχική δενδρική κατανομή, ένα ανεστραμμένο δέντρο, με ρίζα τη γενική περιοχή του δίσκου (*root*), απ' όπου ξεκινούν διάφοροι κλάδοι που καταλήγουν στους κόμβους του πρώτου επιπέδου, απ' όπου ξεκινούν άλλοι κλάδοι που καταλήγουν στους κόμβους του δεύτερου επιπέδου μέχρι την τελική απόληξη σε κόμβους χωρίς 'απογόνους', τα λεγόμενα φύλλα (*leafs*). Κάθε κόμβος είναι μια περιοχή αποθήκευσης ομοειδών αρχείων, γνωστό ως φάκελος ή *directory* ή *folder*. Η περιοχή αποθήκευσης προσδιορίζεται από τη συνολική διαδρομή (*path*) μέχρι την κατάληξη σε αυτόν.

Αν για παράδειγμα η αρχική περιοχή (βλέπε Εικόνα 2.14), η οποία σε ένα σκληρό δίσκο έχει ως όνομα το 'C:\' έχει υποπεριοχή (*subdirectory* – *subfolder*) την περιοχή «Mydocs», και αυτή ως υποπεριοχή την «Mypics», η οποία με την σειρά της την υποπεριοχή «2009» και εκεί είναι αποθηκευμένο το αρχείο «Pic1.jpg» με περιεχόμενο μια φωτογραφία, τότε το συγκεκριμένο αρχείο χαρακτηρίζεται από τη μοναδική διαδρομή C:\Mydocs\Mypics\2009\ και το μοναδικό στην περιοχή αυτή το όνομα «Pic1.jpg».

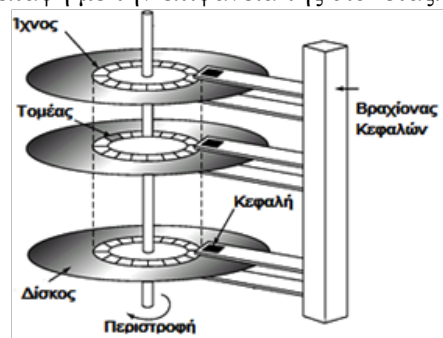
2.5.6.2 Περιφερειακή Μνήμη - Μαγνητικοί δίσκοι

Τα μαγνητικά μέσα είναι τα πιο διαδεδομένα μέσα μόνιμης αποθήκευσης. Το βασικό στοιχείο για την αποθήκευση της στοιχειώδους δυαδικής πληροφορίας είναι ένα μαγνητικό σωματίδιο, το οποίο έχει τη δυνατότητα μαγνήτισης σε μια από δύο κάθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις που αντιστοιχούν στο 0 και το 1.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μαγνητικών μέσων: οι μαγνητικές ταινίες (χρησιμοποιούνται όλο και πιο σπάνια) και οι μαγνητικοί δίσκοι. Οι μαγνητικές ταινίες είναι μέσα σειριακής (*serial*) αποθήκευσης και ανάγνωσης και χρησιμοποιούνται βασικά για τη δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας (*back-up*). Δεν είναι εύχρηστες από την άποψη ότι για την ανάγνωση ενός αρχείου πρέπει να αναγνωσθούν προηγουμένως και όλα τα προηγούμενα αρχεία.

Για τον λόγο αυτό τα πιο διαδεδομένα μέσα είναι οι σκληροί μαγνητικοί δίσκοι, γνωστοί και ως σκληροί δίσκοι (*hard disks*), σε αντιδιαστολή με τους μαλακούς δίσκους (*floppy disks*), οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν κυρίως στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές τις δεκαετίες του 1970 και του 1980. Οι μαγνητικοί δίσκοι μπορούν να γραφτούν, να σβηστούν και να ξαναγραφτούν χωρίς περιορισμό και η ανάγνωση / εγγραφή ενός αρχείου γίνεται με άμεσο τρόπο χωρίς την προηγούμενη ανάγνωση άλλων αρχείων. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα ειδικό μηχανισμό, μιας μαγνητικής κεφαλής, η οποία κινείται κατά μήκος της ακτίνας του δίσκου

(σχήματος κυκλικού), ο οποίος περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα, με τυπικές τιμές 5400, 7200, 10.000 ή 15.000 (για τα πιο ακριβά και απαιτητικά συστήματα) στροφές ανά δευτερόλεπτο (*RPM: rounds per minute*). Ο δίσκος διαμορφώνεται (*format*), ανάλογα με τις απαιτήσεις του Λειτουργικού Συστήματος σε ίχνη (*tracks*) και κυκλικές ζώνες μεταξύ ομόκεντρων κύκλων έτοιμες για αποθήκευση δεδομένων και κάθε ίχνος σε τομείς (*sectors*). Ο τομέας είναι η μικρότερη διακρίσιμη φυσική περιοχή του δίσκου. Για την εγγραφή ή ανάγνωση κάποιου αρχείου πρέπει να εντοπιστεί το ίχνος και ο τομέας όπου θα τοποθετηθεί ή να υπάρχει το αρχείο, οπότε στη συνέχεια η κεφαλή με την κατάλληλη ακτινική μετακίνησή της μαγνητίζει (εγγράφει) ή διαβάζει τη μαγνητική κατάσταση (ανάγνωση) της σχετικής περιοχής του δίσκου. Στην περίπτωση του σκληρού δίσκου η κεφαλή κινείται σε απειροελάχιστη απόσταση από το δίσκο της τάξης του 1 μικρού (6 φορές μικρότερη από ένα κόκκο καπνού), ενώ στην περίπτωση της δισκέτας, η οποία είναι κατασκευασμένη από ένα υλικό χαμηλού κόστους, η κεφαλή βρίσκεται σε επαφή με την επιφάνεια της δισκέτας.



Εικόνα 2.24. Οργάνωση Σκληρού Δίσκου

Τόσο οι σκληροί δίσκοι όσο και οι δισκέτες απαιτούν για τη λειτουργία τους τον λεγόμενο οδηγό (*drive*), το σύστημα δηλαδή της μαγνητικής κεφαλής και του μηχανισμού μετακίνησής της. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι οι δισκέτες είναι μετακινήσιμες, ενώ οι σκληροί δίσκοι είναι μόνιμοι. Επίσης εκτός από τον οδηγό είναι απαραίτητοι και οι ελεγκτές (*controllers*) αυτών των συστημάτων.

Οι σύγχρονοι σκληροί δίσκοι έχουν αποθηκευτική ικανότητα της τάξεως των *terra bytes*, με μια τυπική τιμή το 1 *TerraByte*. Οι δισκέτες έχουν σχεδόν σταματήσει να παράγονται επειδή όλο και λιγότερο οι νέοι Η/Υ είναι εξοπλισμένοι με αυτό το *drive*.

2.5.6.3 Περιφερειακή Μνήμη - Οπτικοί δίσκοι (CD-ROM, DVD-ROM)

Ένα σύγχρονο μέσο μόνιμης αποθήκευσης είναι ο οπτικός δίσκος ή CD-ROM/DVD-ROM. Η λειτουργία του βασίζεται στην αρχή λειτουργίας των *laser*. Τα στοιχειώδη υλικά που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της δυαδικής

πληροφορίας είναι τα κοιλώματα (*pits*) που παριστάνουν το 1 και οι επίπεδες επιφάνειες (*lands*) που παριστάνουν το 0 σε ένα στρώμα που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το προστατευτικό πλαστικό επίχρισμα του δίσκου. Καθώς ο δίσκος περιστρέφεται η δέσμη laser είτε διασκορπίζεται από τα κοιλώματα είτε ανακλάται από τα επίπεδα πίσω σε ένα φωτοευαίσθητο ανιχνευτή παράγοντας κάποιες τάσεις που σε συνδυασμό με ένα κύκλωμα χρονισμού δίνουν το 0 και το 1 αντίστοιχα.

Φυσικά για την ανάγνωση ενός CD-ROM/DVD-ROM είναι απαραίτητη η παρουσία του αντίστοιχου οδηγού (*drive*). Στην αγορά κυκλοφορούν σε πολύ μικρό κόστος οδηγοί για ανάγνωση CD-ROM/DVD-ROM, οδηγοί για ανάγνωση και εγγραφή CD-R/DVD-R (*recordable*) και οδηγοί για ανάγνωση και πολλαπλές εγγραφές CD-RW/DVD-RW (*rewritable*), οπότε ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει πλέον τα CD-ROM και τα DVD-ROM και σαν μέσα αποθήκευσης αντιγράφων ασφαλείας (*back-up*). Η χωρητικότητά τους είναι από 650 Mbytes ως 17 Gbytes.

Ένα πιο σύγχρονο οπτικό μέσο αποθήκευσης είναι το λεγόμενο BluRay Disc (*BD*), με χωρητικότητα από 25 ως 50 Gbytes, το οποίο χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ψηφιακού video υψηλής ευκρίνειας (*high definition*). Τα BD μιας όψης – ενός στρώματος (*single side single layered*) έχουν χωρητικότητα 25 Gbytes (5 φορές περισσότερη από το αντίστοιχο DVD) και τα μιας όψης – διπλού στρώματος 50 Gbytes (*single side double layered*).

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ένας σκληρός δίσκος των 500 Gbytes χωράει 10.000 μουσικά άλμπουμ σε μορφή MP3 ή 800 κινηματογραφικές ταινίες σε μορφή AVI (αντιγραμμένες από DVD και συμπιεσμένες) ή 800.000 φωτογραφίες υψηλής ανάλυσης σε μορφή JPEG ή 120.000 κόπιες της Βίβλου σε μορφή TXT.

Πίνακας 2.8. Κατηγορίες Οπτικών Δίσκων και Χωρητικότητες

Κατηγορία Οπτικού Δίσκου	Χωρητικότητα
CD-ROM/CD-R/CD-RW	650-700 Mbytes
DVD-ROM/DVD-R+/DVD-R-/DVD-RW	4,7 ως 17 Gbytes
BluRay Disc – BD	25 ως 50 Gbytes

2.5.7 Διαφορές Κεντρικής Μνήμης και Περιφερειακής Μνήμης

Οι διαφορές κεντρικής και περιφερειακής μνήμης δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.9. Διαφορές Κεντρικής και Περιφερειακής Μνήμης

Χαρακτηριστικό	Κεντρική Μνήμη	Περιφερειακή Μνήμη
Ταχύτητα πρόσβασης	✓✓✓✓ (υψηλή)	✓✓ (μέτρια)
Χωρητικότητα	✓✓✓✓ (μεγάλη)	✓ (μικρή)
Κόστος	✓✓✓✓ (υψηλό)	✓ (μικρό)
Μόνιμη αποθήκευση	Όχι	Ναι

2.5.8. Περιφερειακές συσκευές Εισόδου / Εξόδου – Πολυμέσα

Όπως έχει γίνει κατανοητό από την ως τώρα ανάλυση, ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής «επικοινωνεί» με το εξωτερικό περιβάλλον ή τον τελικό χρήστη μέσω των μονάδων εισόδου και των μονάδων εξόδου (*input / output units*). Στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται οι σημαντικότερες μονάδες εισόδου και εξόδου ενώ στη συνέχεια περιγράφονται λεπτομερώς οι αρχές λειτουργίας των Οθονών (*Monitors*), των Εκτυπωτών (*Printers*) και των Σαρωτών (*scanners*).

Πίνακας 2.10. Σημαντικότερες Μονάδες Εισόδου/Εξόδου

Περιφερειακή Μονάδα	Εισόδου	Εξόδου
Πληκτρολόγιο (<i>keyboard</i>)	✓	
Ποντίκι (<i>mouse</i>)	✓	
Ηχεία (<i>Speakers</i>) – Χρήση κάρτας ή προσαρμογέα ήχου (<i>sound card</i>)		✓
Οθόνη (<i>Monitor</i>) – Κάρτα ή προσαρμογέα οθόνης ή γραφικών (<i>display ή video adapter</i>)	✓ (οθόνη αφής)	✓
Εκτυπωτής (<i>Printer</i>)		✓
Σαρωτής (<i>Scanner</i>)	✓	
Μικρόφωνο (<i>Microphone</i>) – Χρήση κάρτας ή προσαρμογέα ήχου (<i>sound card</i>)	✓	
Κάμερα (<i>web camera</i>)	✓	
Οπτικοί Αναγνώστες (<i>Optical Readers</i>)	✓	

2.5.8.1 Οθόνη (Monitor ή Display)

Η οθόνη (*monitor*) είναι η βασική συσκευή εξόδου ενός Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. Με βάση την τεχνολογία απεικόνισης οι οθόνες κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- **Οθόνες Καθοδικού Σωλήνα (*Cathode Ray Tube – CRTs*)**, οι οποίες στηρίζονται στην εκπομπή ηλεκτρονίων σε ειδική φωσφορική επιφάνεια για τη δημιουργία των εικόνων αναπαράστασης.
- **Οθόνες Υγρών Κρυστάλλων (*Liquid Crystal Display - LCDs*)**, οι οποίες είναι επίπεδες και βασίζονται στη διέγερση επιφανειών με υγρούς κρυστάλλους με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος.
- **Οθόνες TFT (*Thin Film Transistor*)**, οι οποίες αποτελούν παραλλαγή των LCD και προκύπτουν από αντικατάσταση της υγροκρυσταλλικής επιφάνειας με μικροσκοπικά transistors.
- **Οθόνες Πλάσματος (*Plasma Displays*)**, είναι και αυτές επίπεδες και η τεχνολογία απεικόνισης βασίζεται στην χρήση χιλιάδων μικροσκοπικών στοιχείων φθορισμού, οργανωμένων ανά τρία (ένα για κάθε χρώμα, κόκκινο,

πράσινο και μπλε), συνιστώντας έτσι ένα εικονοστοιχείο (*pixel – picture element*).

Σήμερα η τεχνολογία απεικόνισης εξελίσσεται ραγδαία¹¹ με στόχο την υψηλότερη διακριτική ικανότητα, τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, το μικρότερο μέγεθος αλλά και την βελτίωση και εδραίωση της τρισδιάστατης απεικόνισης (3D).

Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης μια οθόνης είναι τα εξής:

- **Ανάλυση οθόνης (*display analysis/resolution*)** – Πρόκειται για τον αριθμό των οριζόντιων και κατακόρυφων εικονοστοιχείων (*pixels*), π.χ. 1024x768, 1280x1024 κτλ. Βασικό ρόλο διαδραματίζει το μέγεθος του pixel.
- **Φωτεινότητα (*Luminance*)** – Πρόκειται για την ένταση της φωτεινότητας που εκπέμπεται. Μονάδα μέτρησης είναι η *candela/m2*.
- **Λόγος μήκος / πλάτος (*aspect ratio*)** – Πρόκειται για το λόγο των δυο διαστάσεων (μήκος και πλάτος) της οθόνης. Οι παλιότερες οθόνες είχαν aspect ratio 4:3 ενώ οι σύγχρονες 16:9.
- **Dot pitch** – Πρόκειται για την απόσταση εικονοστοιχείων με το ίδιο χρώμα.
- **Δυνατότητα χρώματος (*color capability*)** – Πρόκειται για την δυνατότητα απεικόνισης διαφορετικών χρωμάτων και σχετίζεται με το βάθος χρώματος (*color depth*). Οι συνηθισμένες τιμές είναι 16bit, 24 bit ή true color ή 32 bit και αναφέρονται σε 65.536 (216), 16.777.216 (224) και 4.294.967.296 (232) διαφορετικές χρωματικές αποχρώσεις αντίστοιχα.
- **Λόγος αντίθεσης (*contrast ratio*)** – Πρόκειται για την φωτεινότητα του πιο ανοικτού pixel – άσπρο – προς την φωτεινότητα του πιο σκούρου – μαύρου (π.χ. 50.00:1).
- **Μέγεθος** – Πρόκειται για το μέγεθος της οθόνης που μετριέται συνήθως στη διαγώνιο ευθεία της σε ίντσες. Συνηθισμένες τιμές είναι οι 17, 20, 21, 23 και 27 ίντσες.
- **Συχνότητα ανανέωσης (*refresh rate*)** – Πρόκειται για την κάθετη και οριζόντια συχνότητα ανανέωσης της εικόνας και μετριέται σε Hz για τις οθόνες CRT και σε καρτέ ανά δευτερόλεπτο (*frame rate per second*) για τις LCD/TFT.

¹¹ Οι τελευταίες εξελίξεις αφορούν τις οθόνες OLED (*Organic light-emitting diode display*), αλλά και τις συσκευές γνωστές ως ηλεκτρονικοί αναγνώστες ή e-books, οι οποίοι χρησιμοποιούν οθόνες «e-paper» ή «electronic ink display», με σκοπό τη μίμηση της απεικόνισης που έχει το απλό μελάνι στο χαρτί.

- **Χρόνος Αντίδρασης (*Response time*)** – Πρόκειται για το χρόνο που χρειάζεται για να μετατραπεί ένα pixel από μαύρο σε άσπρο και ξανά σε μαύρο. Τυπικές τιμές είναι 8, 5 και 3 msec.
- **Ακτινοβολία / Κατανάλωση Ενέργειας** – Πρόκειται για το επίπεδο εκπεμπόμενης ακτινοβολίας (κυρίως αφορά τις οθόνες τεχνολογίας CRT) και την ενεργειακή κατανάλωση, τόσο σε πλήρη λειτουργία όσο και στην κατάσταση αναμονής (*standby mode*)
- **Τεχνολογία διασύνδεσης** – Αφορά τον τρόπο διασύνδεσης της οθόνης με τον προσαρμογέα γραφικών ή κάρτα οθόνης (βλέπε πιο κάτω). Συνηθέστερες τεχνολογίες διασύνδεσης είναι η διεπαφή RGB, η DVI (*Digital Video In*), η HDMI (*High Definition Multimedia Interface*), το Display Port κ.λπ.

Πίνακας 2.11. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα διαφόρων κατηγοριών οθονών

CRT	LCD/TFT	PLASMA
<ul style="list-style-type: none"> • Υψηλό Contrast • Καλοί χρόνοι σε <i>response time</i> • Πολύ καλή αναπαράσταση χρωμάτων • Εγγενής υποστήριξη όλων των αναλύσεων και ρυθμών ανανέωσης • Πολύ καλή γωνία θέσης • Αξιόπιστη τεχνολογία 	<ul style="list-style-type: none"> • Μικρό μέγεθος και βάρος • Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας • Καθόλου γεωμετρικές παραμορφώσεις • Μεγάλη αντοχή • Καθόλου ανάκλαση 	<ul style="list-style-type: none"> • Μικρό μέγεθος και βάρος • Υψηλό Contrast • Καλοί χρόνοι σε <i>response time</i> • Πολύ καλή αναπαράσταση χρωμάτων • Καθόλου γεωμετρικές παραμορφώσεις • Μεγάλα μεγέθη
<ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλο μέγεθος – βάρος • Παραμορφώσεις – Αλλοιώσεις • Μεγάλη κατανάλωση ενέργειας • Μικρή ανοχή στις βλάβες • Παλιά τεχνολογία – υψηλό κόστος 	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλό contrast (ήδη όμως αυτό έχει βελτιωθεί σημαντικά) • Μικρή γωνία θέασης • Ευαισθησία στο εξωτερικό φως • Χαμηλοί χρόνοι αντίδρασης και ρυθμοί ανανέωσης • Μόνο μια εγγενής ανάλυση • Σε μερικές περιπτώσεις δεν υποστηρίζεται το <i>true colour</i> • «Νεκρά pixels» - <i>Dead pixels</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλο pixel pitch (μικρή ανάλυση/μεγάλο μέγεθος) • Υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας • Υψηλό κόστος • Μεγάλη κατανάλωση • Μόνο μια εγγενής ανάλυση • «Νεκρά pixels» - <i>Dead pixels</i>

Έχοντας αναλύσει τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης μιας οθόνης, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.11 τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανά κατηγορία οθόνης (για τις οθόνες CRT – LCD/TFT – Plasma).

Όπως έχει αναφερθεί, για να λειτουργήσει η οθόνη, όπως και κάθε περιφερειακή συσκευή του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση ενός ολοκληρωμένου κυκλώματος που ονομάζεται κάρτα ή προσαρμογέας οθόνης ή γραφικών (*display* ή *video adaptor*). Οι κάρτες ελέγχουν με τη συνδρομή ειδικών προγραμμάτων – οδηγών (*drivers*) τη λειτουργία της περιφερειακής συσκευής. Στην κάρτα οθόνης είναι ενσωματωμένος ο ελεγκτής του video (*video controller*).

Επίσης η οθόνη υποστηρίζεται από μια ειδική περιοχή της μνήμης, τη λεγόμενη μνήμη απεικόνισης (*display memory*), όπου αποθηκεύονται προσωρινά τα δεδομένα τα οποία θα απεικονιστούν στη συνέχεια στην οθόνη. Εκτός όμως από τη μνήμη αυτή είναι αναγκαία, όπως και σε κάθε περιφερειακή συσκευή, μία τοπική ενδιάμεση μνήμη προσωρινής αποθήκευσης (*buffer*), η οποία όσο μεγαλύτερη είναι τόσο γρηγορότερη γίνεται η επικοινωνία της ΚΜΕ με την οθόνη οπότε και διευκολύνεται η αποδοτικότερη λειτουργία του Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.

Η επιλογή της ανάλυσης γίνεται μέσω της κάρτας της οθόνης. Κάθε κάρτα δηλαδή υποστηρίζει μία γκάμα αναλύσεων. Τυπική ανάλυση μιας οθόνης 17 ιντσών είναι 800x600, μιας οθόνης 19 ιντσών είναι 1024x768 και τέλος μιας οθόνης 21 ιντσών (οθόνης για ειδικές εφαρμογές *dtp – desktop publishing*) είναι 1280x1024. Το χρώμα κάθε εικονοστοιχείου καθορίζεται από ένα αριθμό bits, τα οποία αποτελούν το βάθος χρώματος.

Η απαιτούμενη τοπική μνήμη της κάρτας γραφικών εξαρτάται από τη μέγιστη ανάλυση και το μέγιστο βάθος χρώματος. Για παράδειγμα για βάθος χρώματος 24 και μέγιστη ανάλυση 1920x1200 απαιτείται μνήμη $1920 \times 1200 \times 24 / 8 =$ περίπου 6,9 Mbytes, οπότε επιλέγεται μνήμη 8 Mbytes. Αντίστοιχα για το ίδιο βάθος χρώματος και ανάλυση 1280x1024 απαιτείται μνήμη $1280 \times 1024 \times 24 / 8 =$ περίπου 3,9 Mbytes, οπότε επιλέγεται μνήμη 4 Mbytes.

2.5.8.2 Εκτυπωτές (Printers)

Οι εκτυπωτές αποτελούν την αμέσως επόμενη σημαντικότερη μονάδα εξόδου, αφού παράγει μόνιμα αποτελέσματα κυρίως σε χαρτί ή σε μορφή φωτογραφικών εκ-τυπώσεων. Οι βασικές τεχνολογίες εκτύπωσης αναλύονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

A. Εκτυπωτές ακίδων (dot matrix printers).

Ο μηχανισμός εκτύπωσης αποτελείται από μια μήτρα 7, 9, 18 ή 24 ακίδων. Μεταξύ του χαρτιού και της μήτρας των ακίδων παρεμβάλλεται η μελανοταινία. Χρησιμοποιείται συνήθως πλέον για εκτυπώσεις παραστατικών πωλήσεων. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι το πλήθος των εκτυπούμενων χαρακτήρων ανά sec (cps- characters per sec).

B. Εκτυπωτές εκχύσεως (ink-jet printers)

Η βασική αρχή λειτουργίας τους είναι η εκτόξευση λεπτών σταγονιδίων μελάνης από ένα ειδικό ακροφύσιο στο χαρτί. Κατά την εκτύπωση, ένα μέρος των σταγονιδίων φορτίζεται ηλεκτροστατικά και κατευθύνεται μέσω ηλεκτροδίων απόκλισης στο χαρτί, αλλιώς διοχετεύονται σε ένα δοχείο συλλογής. Χρησιμοποιούνται συνήθως για δημιουργία έγχρωμων εκτυπώσεων χαμηλού κόστους. Τυπικές αναλύσεις τους είναι 700 – 1200 dpi (dots per inch).

Γ. Laser εκτυπωτές

Η βασική αρχή λειτουργίας τους είναι παρόμοια με αυτήν της ξηρογραφίας. Καθώς περιστρέφεται το τύμπανο σαρώνεται από μια δέσμη laser και σχηματίζεται πάνω του με ηλεκτρική φόρτιση ένα αρνητικό είδωλο. Στις φορτισμένες περιοχές προσκολλάται στη συνέχεια μια ειδική μαύρη σκόνη (toner). Η ποιότητα και η ταχύτητα εκτύπωσης είναι πολύ υψηλή. Υπάρχουν εκτυπωτές ασπρόμαυρης (σε διαβαθμίσεις του γκρι) και έγχρωμης εκτύπωσης. Μια τυπική τους ανάλυση είναι 1200 dpi (dots per inch).

2.5.8.3 Σαρωτής (Scanner)

Ο σαρωτής είναι μια συσκευή που έχει τη δυνατότητα να "διαβάζει" κείμενα, εικόνες και σχέδια τυπωμένα σε χαρτί και να μεταφράζει την πληροφορία σε κατανοητή μορφή για τον υπολογιστή. Ο σαρωτής ψηφιοποιεί μια εικόνα χωρίζοντας την σε εικονοστοιχεία (pixels) αντικαθιστώντας κάθε στοιχείο με 0 ή 1 ανάλογα με το αν έχει πληροφορία ή όχι. Για την αναγνώριση κειμένων υπάρχει ειδικό λογισμικό οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων OCR (*optical character recognition*), το οποίο στηρίζεται στη μετατροπή της ψηφιακής εικόνας (*bitmap*) σε χαρακτήρες. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά ενός σαρωτή είναι:

- **Ανάλυση σαρωτή (*resolution*):** Καθορίζεται από τον αριθμό των εικονοστοιχείων (pixels) που μπορεί να αποδώσει ο σαρωτής ανά μονάδα μήκους. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση του σαρωτή τόσο πιο πυκνή είναι η παραγόμενη εικόνα. Τυπικές τιμές από 600 dpi - 4800 dpi (*dots per inch*)
- **Βάθος χρώματος (*color depth – bit depth*):** Αντιστοιχεί στον αριθμό των χρωμάτων ή των διαβαθμίσεων του γκρι που, μπορεί να αποδώσει ο σαρωτής. Καθορίζεται από τον αριθμό των bits που χρησιμοποιούνται για την χρωματική περιγραφή του κάθε εικονοστοιχείου bit. Τυπικές τιμές 16, 24 ή 32bits

Τέλος οι πιο σημαντικοί τύποι σαρωτών είναι: ο φωτογραφικός σαρωτής, ο επιτραπέζιος σαρωτής με/χωρίς αυτόματο τροφοδότη διαφόρων μεγεθών (A4/A3/A0 κ.λπ.) αλλά και ο σαρωτής γραμμικού κώδικα (bar code) που σαρώνει και αποκωδικοποιεί γραμμικούς κώδικες οι οποίοι βρίσκονται πάνω σε συσκευασίες αντικειμένων.

